

**VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky**

**Publikování 3D modelů na internetu,
možná řešení, použité technologie,
ukázková řešení**

**Publishing 3D Models in Internet,
Possible Solutions, Used,
Technologies, Examples**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 4. května 2010

.....

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu, Ing. Radoslavu Fasugovi, Ph.D, za jeho vedení, cenné rady a celkovou odbornou pomoc, bez níž by tato práce nevznikla.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje problematice vizualizací map, prostorovými výpočty slunečního záření a fotovoltaických systémů. První část práce je zaměřena na studium Interaktivních map EU (Fotovoltaický geografický informační systém) a popisem výpočtů a vstupních dat použitých při vývoji aplikací, jedná se o výpočet intenzity slunečního záření a o data nadmořských výšek SRTM a AGDEM. Druhá část je věnována vývoji vlastních aplikací a porovnáním možností jednotlivých technologií pro zobrazování map. Aplikace používají Open Source ovládací prvek z projektu GMaps.NET, mapy Google a Silverlight mapy Bing. V závěru jsou porovnány výsledky modelu EU s vlastním řešením.

Klíčová slova:

Vizualizace, Sluneční záření, SRTM, AGDEM, Google mapy, GMaps.NET, Silverlight, Bing, Webová služba

Abstract

This bachelor thesis deals to explain the visualization of maps, spatial calculations of solar and photovoltaic systems. The first part of the work focuses on the study of interactive maps of the EU (Photovoltaic geographical information system) and to the description of the calculations and the input data used to develop application; it is a calculation of the intensity of solar radiation data and elevations data SRTM and AGDEM. The second part is devoted to the development of custom applications and comparing the capabilities of individual technologies for displaying maps. Applications use the Open Source control from the project GMaps.NET, Google maps and Silverlight Bing maps. In conclusion, results are compared to the EU model with own solutions.

Key words:

Visualization, Solar radiation, SRTM, AGDEM, Google maps, GMaps.NET, Silverlight, Bing, Web service

Seznam použitých zkratk a symbolů

EU – Evropská unie

FV – fotovoltaika

FVS – fotovoltaický systém

např. – například

USA – Spojené státy americké

VŠB – Vysoká škola báňská

WPF – Windows Presentation Foundation

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Studium problematiky fotovoltaických systémů.....	1
1.2. Vývoj aplikací a použité technologie.....	1
2. Nástroje pro výpočet slunečního záření	2
2.1. Interaktivní mapy EU pro výpočet slunečního záření	2
2.1.1. Prostředí aplikace	2
2.1.2. Interaktivní mapa.....	3
2.1.3. Nastavení výpočtu	3
2.1.3.1. Odhadovaný výkon FV panelu.....	3
2.1.3.2. Měsíční záření	5
2.1.3.3. Denní záření	7
2.1.4. Zadání parametrů pro výpočet.....	8
2.1.5. Výstupy aplikace	8
2.1.5.1. Odhadovaný výkon FV panelu.....	9
2.1.5.2. Měsíční záření	10
2.1.5.3. Denní záření	12
2.1.6. Zhodnocení aplikace.....	13
3. Výpočty a vstupní data.....	14
3.1. Výpočet intenzity slunečního záření	14
3.1.1. Přímé záření.....	14
3.1.2. Rozptýlené záření	16
3.1.3. Od země odražené záření.....	17
3.2. Vstupní data.....	18
3.2.1. SRTM DEM	18
3.2.2. ASTER GDEM.....	19
4. Vlastní aplikace.....	21
4.1. Desktopová aplikace.....	21
4.1.1. Instalace.....	21
4.1.2. Hlavní okno aplikace	21
4.1.3. Vyhledání požadované polohy	22
4.1.4. Nastavení mapy	22
4.1.5. Nastavení vrstvy účinnost.....	23
4.1.6. Nastavení typu vstupních dat.....	25

4.1.7.	Výpočet vzdálenosti	25
4.1.8.	Vyrovnávací paměť	26
4.1.9.	Výpočet slunečního záření	26
4.2.	<i>JavaScriptová aplikace</i>	28
4.2.1.	Hlavní okno aplikace.....	28
4.2.2.	Vyhledání požadované polohy	29
4.2.3.	Nastavení vrstvy účinnost.....	30
4.2.4.	Nastavení typu vstupních dat.....	31
4.2.5.	Výpočet slunečního záření	31
4.3.	<i>Silverlight aplikace</i>	31
4.3.1.	Hlavní okno aplikace.....	32
4.3.2.	Vyhledání požadované polohy	33
4.3.3.	Nastavení vrstvy účinnost.....	33
4.3.4.	Nastavení typu vstupních dat.....	34
4.3.5.	Výpočet slunečního záření	34
4.3.6.	Maximalizace okna.....	35
4.3.7.	Nainstalování aplikace jako lokální.....	35
5.	Porovnání možností map	38
5.1.	<i>Desktopová aplikace</i>	38
5.2.	<i>JavaScriptová aplikace</i>	38
5.3.	<i>Silverlight aplikace</i>	39
6.	Testování vlastních aplikací	40
7.	Závěr.....	42
	<i>Seznam použité literatury</i>	<i>43</i>
	<i>Obsah přiloženého CD.....</i>	<i>44</i>

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Překlad a vysvětlení pojmů možností základního nastavení FVS.....	4
Tabulka 2 - Překlad a vysvětlení pojmů možností nastavení výpočtu měsíčního záření	6
Tabulka 3 - Překlad a vysvětlení pojmů možností nastavení výpočtu denního záření.....	8
Tabulka 4 - Překlad pojmů tabulky výstupu odhadovaného výkonu FV panelu.....	9
Tabulka 5 - Překlad pojmů tabulky výstupu měsíčního záření	10
Tabulka 6 - Překlad pojmů tabulky výstupu denního záření.....	12
Tabulka 7 - Základní parametry SRTM3 DEM	19
Tabulka 8 - Základní parametry ASTER GDEM.....	20
Tabulka 9 - Vysvětlení možností nastavení výpočtu.....	27
Tabulka 10 - Srovnání výpočtů Interaktivních map EU a výpočtů vlastních aplikací	41

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Prostředí aplikace Interaktivních map EU	2
Obrázek 2 - Možnosti nastavení FVS.....	3
Obrázek 3 - Možnosti nastavení výpočtu měsíčního záření	5
Obrázek 4 - Možnosti nastavení výpočtu denního záření.....	7
Obrázek 5 - Tabulka výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu odhadovaného výkonu FV panelu	9
Obrázek 6 - Graf průměrné měsíční produkce elektřiny	10
Obrázek 7 - Tabulka výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu měsíčního záření	11
Obrázek 8 - Graf slunečního záření pro jednotlivé měsíce	12
Obrázek 9 - Část tabulky výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu denního záření.....	13
Obrázek 10 - Graf jednotlivých složek denního slunečního záření.....	13
Obrázek 11 - Vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů na jejich výkon.....	14
Obrázek 12 - Znázornění nasnímaného území pro výškový model SRTM DEM.....	19
Obrázek 13 - Obrázek odvozený z dat ASTER GDEM	20
Obrázek 14 - Hlavní okno vlastní desktopové aplikace	22
Obrázek 15 - Dialogové okno pro vytvoření statického pohledu	23
Obrázek 16 - Příklad vizualizace sklonu v desktopové aplikaci	24
Obrázek 17 - Dialogové okno vlivu orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon	25
Obrázek 18 - Výpočet vzdálenosti dvou bodů	25
Obrázek 19 - Dialogové okno Výpočty desktopové aplikace	26
Obrázek 20 - Příklad výstupu výpočtu v dialogovém okně Výpočty desktopové aplikace	28
Obrázek 21 - Hlavní okno JavaScriptové verze aplikace se zobrazeným informačním oknem.....	29
Obrázek 22 - Příklad vizualizace sklonů v JavaScriptové verzi aplikace	30
Obrázek 23 - Příklad výstupu výpočtu v JavaScriptové verzi aplikace	31
Obrázek 24 - Hlavní okno aplikace používající technologii Silverlight	32
Obrázek 25 - Vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů v Silverlight aplikaci, se zobrazeným informačním oknem	33
Obrázek 26 - Příklad výstupu výpočtu v Silverlight aplikaci.....	34
Obrázek 27 - Maximalizované okno Silverlight aplikace	35
Obrázek 28 - Dotaz na umístění zástupců při instalaci Silverlight aplikace	36
Obrázek 29 - Silverlight aplikace spuštěná jako proces na místním počítači.....	36
Obrázek 30 - Zástupce na ploše pro spuštění Silverlight aplikace	37

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je seznámení se s možnostmi vizualizací map a nastudování problematiky fotovoltaických systémů (FVS), zejména pak problematiky slunečního záření a vhodné orientace a sklonu fotovoltaických (FV) panelů vzhledem k typu a náklonu krajiny. Součástí práce je také nastudování vzorců pro výpočet intenzity slunečního záření podle zadaných souřadnic a ročního období. Výsledkem práce je implementace vlastních aplikací pro výpočty slunečního záření. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí.

První část se zabývá studiem Interaktivních map EU a popisem výpočtů a vstupních dat použitých při vývoji aplikací. Tyto části jsou popsány ve druhé a třetí kapitole.

Druhá část je věnována vývoji vlastních aplikací a porovnáním možností jednotlivých technologií pro zobrazování map. Tato část je popsána ve čtvrté, páté a šesté kapitole.

1.1. Studium problematiky fotovoltaických systémů

Teoretická část bakalářské práce je obsahově zaměřena na seznámení se s problematikou výpočtu slunečního záření a vhodnou orientací fotovoltaických panelů.

Předmětem této části je také seznámení se s nástrojem *Interaktivní mapy EU pro výpočet slunečního záření*, který je určen pro předběžné výpočty při návrhu fotovoltaických systémů.

Obsahem teoretické části je dále popsání použitých vzorců a vstupních dat, které jsou používány při výpočtech slunečního záření.

1.2. Vývoj aplikací a použité technologie

Obsahem praktické části je vývoj vlastních aplikací a popsání jednotlivých technologií, které byly při vývoji aplikací použity. V rámci bakalářské práce byly vyvíjeny tři aplikace, které sice poskytují stejnou funkčnost, ale každá aplikace používá jinou technologii pro zobrazování map.

První vyvíjenou aplikací je klasická desktopová aplikace, která využívá pro zobrazování map Open Source ovládací prvek z projektu GMap.NET. Jedná se o silný nástroj pro zobrazování map v desktopových aplikacích. Podporuje přes 35 celosvětových a regionálních map, různé režimy načítání map a například ukládání pohledů na mapu do souboru ve formě obrázku.

Druhá a třetí aplikace jsou webové aplikace. Druhá aplikace používá pro zobrazování map JavaScriptové mapy Google, třetí pak ovládací prvek mapy Bing, který je určen pro technologii Silverlight. Obě aplikace používají pro získávání dat webovou službu, která byla také vyvíjena v rámci bakalářské práce, a která poskytuje aplikacím jednotlivé výstupy výpočtů.

V kapitole, která se věnuje jednotlivým technologiím, jsou popsány jejich výhody a nevýhody.

V části věnované testování aplikací jsou porovnávány výsledky modelu EU s vlastním řešením.

2. Nástroje pro výpočet slunečního záření

V současné době je energie jednou z nejdůležitějších věcí na celé planetě. Pro lidstvo je nejdůležitější formou energie elektrina, bez ní by spousta dnes běžně používaných věcí nefungovala. Avšak většina vyráběné energie pochází z fosilních paliv, jejichž zásoby nejsou nevyčerpatelné. Jednou alternativou k výrobě elektrické energie z fosilních paliv je získávání energie ze slunečního záření dopadajícího na Zemi a její přeměnu na elektrickou energii. Pro přeměnu sluneční energie v elektrickou je však nutné používat mezičlánek, který se o přeměnu postará. V dnešní době se k takovým účelům používají fotovoltaické články (panely).

S rozvojem výroby elektřiny ze Slunce vznikl i portál EU, který se zabývá celou problematikou spojenou se získáváním elektrické energie ze Slunce. Součástí portálu jsou mimo jiné interaktivní mapy, které slouží pro výpočet slunečního záření. Následující kapitola tyto interaktivní mapy pro výpočet slunečního záření popisuje.

2.1. Interaktivní mapy EU pro výpočet slunečního záření

Fotovoltaický geografický informační systém – Interaktivní mapy (*Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Map, PVGIS*) [1] je webová aplikace EU pro výpočet slunečního záření. Hlavní výhodou aplikace je její dostupnost. Je ji možné spustit na libovolném počítači, který má připojení k Internetu. Používání aplikace je zcela zdarma.

2.1.1. Prostředí aplikace

Při návštěvě internetových stránek interaktivních map se zobrazí hlavní uživatelské prostředí webové aplikace. Výpočet slunečního záření je umožněn jak pro Evropu, tak i pro Afriku.

Obrázek 1 - Prostředí aplikace Interaktivních map EU

Prostředí aplikace je možno rozdělit na dvě části, první obsahuje interaktivní mapu, druhá je zaměřena na nastavení výpočtů. Následující podkapitoly popisují prostředí obou částí.

2.1.2. Interaktivní mapa

V této části aplikace se nachází jak samotná mapa, tak i políčko pro zadání polohy pro výpočet. Interaktivní mapa používá mapu Google s vlastními mapovými podklady.

Pomocí nabídek ve spodní části mapy *Solar Radiation* (Intenzita slunečního záření), *Temperature* (Teplota), *Other maps* (Jiné typy map) lze nastavit různé podklady mapy. V nabídce *Solar Radiation* je to například sluneční záření pro horizontální, vertikální nebo optimální úhel dopadu slunečního záření, v nabídce *Temperature* např. mapa průměrných teplot pro měsíce leden a červenec popř. rok.

The screenshot shows the 'PV Estimation' tool interface. It has three tabs: 'PV Estimation' (selected), 'Monthly radiation', and 'Daily radiation'. The main title is 'Performance of Grid-connected PV'. Below it, there are several input fields and checkboxes:

- PV technology:** Crystalline silicon (dropdown)
- Installed peak PV power:** 1 kWp
- Estimated system losses [0;100]:** 14 %
- Fixed mounting options:**
 - Mounting position:** Free-standing (dropdown)
 - Slope [0;90]:** 35 °
 - Azimuth:** 0 °
 - ☐ Optimize slope
 - ☐ Also optimize azimuth
- Tracking options:**
 - ☐ Vertical axis
 - ☐ Inclined axis
 - ☐ 2-axis tracking
 - ☐ Optimize
- Output options:**
 - ☐ Show graphs
 - ☐ Show horizon
 - ☒ Web page
 - ☐ Text file
 - ☐ PDF

At the bottom, there is a 'Calculate' button and a '[help]' link. A note on the right side says: '(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)'.

Obrázek 2 - Možnosti nastavení FVS

2.1.3. Nastavení výpočtu

Nastavení výpočtů nabízí tři možnosti výpočtů:

- 1) odhadovaný výkon FV panelu,
- 2) výpočet měsíčního úhrnu záření,
- 3) výpočet denního úhrnu záření.

V každé části možnosti výpočtu *Output options* (Možnosti výstupu) je možné určit, zda bude výstup obsahovat grafy (*Show graphs*), výšku horizontu (*Show horizon*), jestli bude výstup zobrazen na webové stránce (*Web page*) nebo uložen do textového souboru (*Text file*), který bude nabídnut ke stažení anebo bude výstupem soubor PDF (*PDF*). Zobrazení grafu ve výpočtu není možné při výstupu do textového souboru.

Kliknutím na tlačítko *Calculate* (Vypočítat) se provede výpočet pro zadanou polohu a nastavení.

2.1.3.1. Odhadovaný výkon FV panelu

V této část nastavení lze zadat základní parametry FVS. Možnosti nastavení a vysvětlení pojmů ilustruje obrázek vlevo a tabulka uvedená na další stránce.

Anglicky	Česky	Vysvětlení
Performance of Grid-Connected PV	Výkon FVS připojeného do sítě	
PV technology:	Technologie FV panelu:	
Crystalline silicon	Krystalický křemík	
CIS	CIS	Panely vyrobené z CIS nebo CIGS
CdTe	CdTe	Panely vyrobené z CdTe
Unknown/Other	Neznámý/Jiný	
Installed peak PV power	Instalovaný špičkový výkon	Jedná se o výkon FV panelu deklarovaný výrobcem při standardních podmínkách (1000W slunečního záření na m ² v rovině panelu při teplotě 25°C). [kWp]
Estimated system losses	Odhadované ztráty systému	Představuje ztráty systému, které zapříčiňují nižší dodávky elektrické energie, než která je vyrobená FVS. [0-100%]
Fixed mounting options	Pevná montážní poloha	Nastavení pro panely s pevnou montážní polohou
Mounting position:	Montážní poloha:	
Free-Standing	Volně stojící	
Building integrated	Součásti budovy	
Slope:	Sklon:	Úhel FV panelu vzhledem k jihu. -90° = východ, 0° = jih, 90° = západ
Optimize slope	Optimalizovat sklon	
Azimuth:	Azimut:	
Also optimize azimuth	Optimalizovat taky azimut	
Tracking options:	Možnosti sledování pohybu Slunce	Nastavení pro panely sledující pohyb Slunce
Vertical axis	Vertikální osa	Pohyb panelů je umožněn ve svislé ose
Slope	Sklon	[0;90]
Optimize	Optimalizovat	
Inclined axis	Šikmá osa	Pohyb panelů je umožněn v ose sever-jih
Slope	Sklon	[0;90]
Optimize	Optimalizovat	
2-axis tracking	Dvouosé sledování	

Tabulka 1 - Překlad a vysvětlení pojmů možností základního nastavení FVS

2.1.3.2. Měsíční záření

Tato část umožňuje vypočítat průměrné měsíční hodnoty různých veličin. Výstupní data je možné zobrazit dvěma různými způsoby:

- 1) jako tabulku s měsíčními a ročními průměry pro každý typ dat,
- 2) jako graf měsíčních hodnot.

V nastavení lze vybrat z několika různých možností nastavení pro tabulky a měsíční grafy. Možnosti nastavení a vysvětlení pojmů znázorňuje Obrázek 4, bližší popis je obsažen v Tabulce 2.

PV Estimation **Monthly radiation** Daily radiation

Global irradiation data by month

- ☒ Horizontal irradiation
- ☒ Irradiation at opt. angle
- ☒ Irradiation at chosen angle: 90 deg.
- ☐ Linke turbidity
- ☐ Dif. / global radiation
- ☒ Optimal inclination angle

Monthly ambient temperature data

- ☐ Average daytime temperature
- ☒ Daily average of temperature
- ☒ Number of heating degree days

Output options

- ☐ Show graphs ☐ Show horizon
- ☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

Calculate [\[help\]](#)

Obrázek 3 - Možnosti nastavení výpočtu měsíčního záření

Anglicky	Česky	Vysvětlení
Global irradiation data by month	Celkové měsíční ozáření	
<i>Horizontal irradiation</i>	<i>Horizontální ozáření</i>	Tato hodnota představuje měsíční/roční průměr energie slunečního záření, které dopadne na m ² v horizontální rovině za jeden den. [Wh/m ² /den]
<i>Irradiation at opt. Angle</i>	<i>Ozáření při optimálním úhlu</i>	Optimální úhel sklonu je úhel, při kterém je dopadající sluneční záření na danou plochu orientovanou na jih nejvyšší (např.: solární panely).
<i>Irradiation at chosen angle</i>	<i>Ozáření při zadaném úhlu</i>	Stejně jako u horizontálního ozáření, ale pro rovinu se zadaným úhlem sklonu vzhledem k jihu. [Wh/m ² /den]
<i>Linke turbidity</i>	<i>Linkeho činitel zákalu atmosféry</i>	Linkeho činitel zákalu atmosféry vyjadřuje, o kolik je sluneční záření díky aerosolům utlumeno. Znázorňuje optickou hustotu zamlžené a vlhké atmosféry k čisté a suché atmosféře (1-7). []
<i>Dif./global radiation</i>	<i>Poměr odraženého záření k celkovému záření</i>	
<i>Optimal inclination angle</i>	<i>Optimální úhel sklonu</i>	
Monthly ambient temperature data	Měsíční okolní teploty	
<i>Average daytime temperature</i>	<i>Průměrná teplota během dne</i>	Průměrná teplota od východu k západu Slunce
<i>Daily average of temperature</i>	<i>Průměrná denní teplota</i>	Průměrná teplota za 24 hodin
<i>Number of heating degree days</i>	<i>Počet topných stupňodní</i>	Topné stupňodny jsou vypočteny z hodnot průměrné denní teploty. Je-li průměrná teplota nad 18/26°C, je počet stupňů potřebných k ohřevu pro daný den roven 0. V ostatních případech tento den přispívá ke stupňodním ohřevu hodnotou 18-T, kde T je průměrná teplota daného dne. Pro každý měsíc je zobrazen dlouhodobý průměr počtu topných stupňodní pro daný měsíc.

Tabulka 2 - Překlad a vysvětlení pojmů možností nastavení výpočtu měsíčního záření

2.1.3.3. Denní záření

V této části aplikace je možné vypočítat průměrné denní hodnoty slunečního záření. Výstupní data lze zobrazit dvěma různými způsoby:

- 1) jako tabulku s hodnotami záření, vždy pro každých 15 minut během dne, hodnoty jsou pro typický den v měsíci,
- 2) jako graf denních hodnot slunečního záření.

V nastavení lze zvolit výpočet jak pro průměrné celkové sluneční záření (reálné podmínky s průměrnou oblačností pro daný měsíc), tak i pro celkové záření při jasné obloze (hodnota záření pro oblohu bez mraků).

Pokud jsou pro zadanou zeměpisnou oblast k dispozici teploty, je možné zobrazit výstup s průměrnými denními teplotami pro daný měsíc.

Další možnosti nastavení a vysvětlení pojmů ilustruje Obrázek 5 a popisuje Tabulka 3.

PV Estimation Monthly radiation **Daily radiation**

Average Daily Solar Irradiance

Select month: January

Irradiance on a fixed plane

Inclination [0;90] 35 deg. (horizontal=0)

Orientation [-180;180] 0 deg. (east=-90, south=0)

☒ Average global irradiance

☒ Clear-sky global irradiance

Irradiance on a 2-axis tracking plane

☒ Average global irradiance, 2-axis tracking

☒ Clear-sky global irradiance, 2-axis tracking

☐ Daytime temperatures

Output options

☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

[Calculate](#) [\[help\]](#)

Obrázek 4 - Možnosti nastavení výpočtu denního záření

Anglicky	Česky	Vysvětlení
<i>Average Daily Solar Irradiance</i>	<i>Průměrné denní sluneční záření</i>	
<i>Select month:</i>	<i>Výběr měsíce:</i>	leden-prosinec
<i>Irradiance on a fixed plane</i>	<i>Záření na pevnou plochu</i>	Nastavení pro panely s pevnou montážní polohou
<i>Inclination</i>	<i>Sklon</i>	Úhel od vodorovné roviny [0;90]
<i>Orientation</i>	<i>Orientace</i>	Úhel od jihu. -90° = východ, 0° = jih [-180;180]
<i>Average global irradiance</i>	<i>Průměrné celkové záření</i>	
<i>Clear-sky global irradiance</i>	<i>Celkové záření při jasné obloze</i>	
<i>Irradiance on a 2-axis tracking plane</i>	<i>Záření na otáčející se ploše</i>	Nastavení pro panely sledující pohyb Slunce
<i>Average global irradiance, 2-axis tracking</i>	<i>Průměrné celkové záření</i>	
<i>Clear-sky global irradiance, 2-axis tracking</i>	<i>Celkové záření při jasné obloze</i>	
<i>Daytime temperatures</i>	<i>Denní teplota</i>	

Tabulka 3 - Překlad a vysvětlení pojmů možností nastavení výpočtu denního záření

2.1.4. Zadání parametrů pro výpočet

Zeměpisné souřadnice pro výpočet lze zadat dvěma způsoby:

- 1) vyhledáním požadované oblasti na mapě,
- 2) zadáním zeměpisného názvu (např.: VŠB, Ostrava) nebo zeměpisných souřadnic (např.: 49.830N, 18.164E) do políčka vyhledání polohy.

2.1.5. Výstupy aplikace

Pro provedení výpočtu se pro jednotlivé výpočty zobrazí při výstupu na webovou stránku požadované údaje. Výstupy jsou popsány jednotlivě, stejně jako při popisu nastavení výpočtů. Vždy jsou popsány možné výstupy tabulek a grafů, vysvětlení pojmů se nachází v části věnované nastavení výpočtů.

2.1.5.1. Odhadovaný výkon FV panelu

Popis tabulky výstupu:

Anglicky	Česky
E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)	Průměrná denní produkce elektřiny daného systému
E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)	Průměrná měsíční produkce elektřiny daného systému
H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m ²)	Průměrný denní součet celkového ozáření na m ² přijímaného panelu daného systému
H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m ²)	Průměrný měsíční součet celkového ozáření na m ² přijímaného panelu daného systému

Tabulka 4 - Překlad pojmů tabulky výstupu odhadovaného výkonu FV panelu

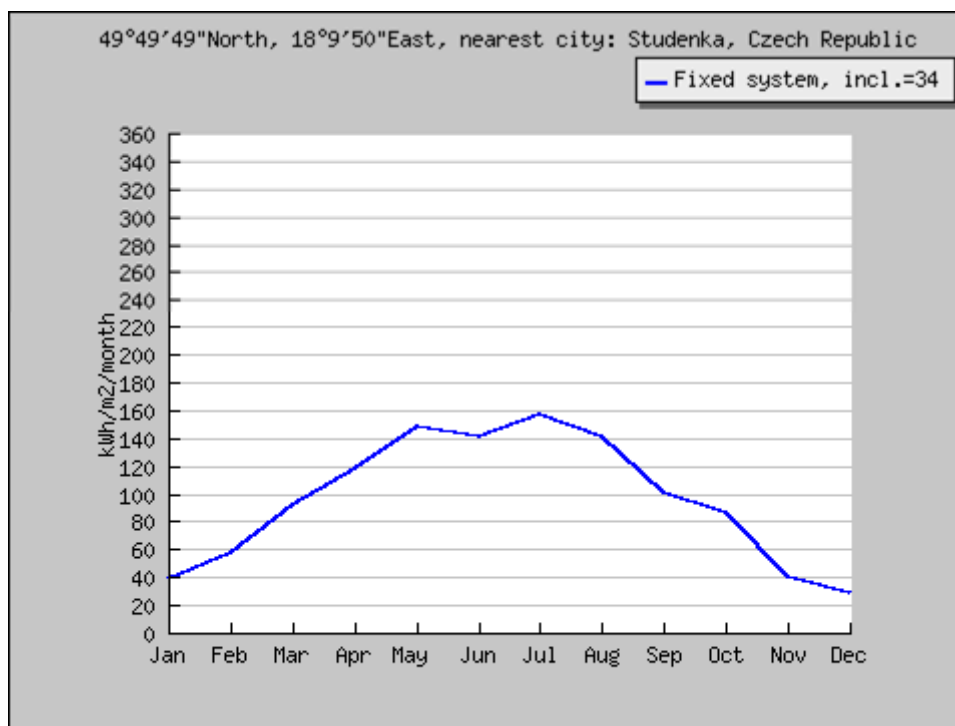
Možné grafy výstupu:

- graf průměrné měsíční produkce elektřiny,
- graf průměrného měsíčního celkového záření,
- graf výšky Slunce a horizontu pro 21. prosinec a 21. červen.

Příklad tabulky a grafů výstupu:

Fixed system: inclination=34°, orientation=-4°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.08	33.6	1.26	39.2
Feb	1.74	48.7	2.08	58.3
Mar	2.41	74.6	2.96	91.8
Apr	3.06	91.7	3.94	118
May	3.61	112	4.80	149
Jun	3.48	104	4.69	141
Jul	3.71	115	5.04	156
Aug	3.36	104	4.53	140
Sep	2.58	77.3	3.35	100
Oct	2.20	68.3	2.77	86.0
Nov	1.10	33.1	1.33	40.0
Dec	0.79	24.6	0.93	28.9
Yearly average	2.43	74.0	3.15	95.7
Total for year		888		1150

Obrázek 5 - Tabulka výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu odhadovaného výkonu FV panelu



Obrázek 6 - Graf průměrné měsíční produkce elektřiny

2.1.5.2. Měsíční záření

Popis tabulky výstupu:

Anglicky	Česky
H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m^2)	Ozáření na horizontální ploše
H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m^2)	Ozáření při optimálním sklonu plochy
$H(90)$: Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m^2)	Ozáření při 90° sklonu plochy
I_{opt} : Optimal inclination (deg.)	Optimální sklon
T_L : Linke turbidity (-)	Linkeho faktor zákalu atmosféry
D/G : Ratio of diffuse to global irradiation (-)	Poměr odraženého ozáření k celkovému záření
T_D : Average daytime temperature ($^{\circ}C$)	Průměrná teplota během dne
T_{24h} : 24 hour average of temperature ($^{\circ}C$)	Průměrná teplota za 24 hodin
N_{DD} : Number of heating degree-days (-)	Počet topných stupňodní

Tabulka 5 - Překlad pojmů tabulky výstupu měsíčního záření

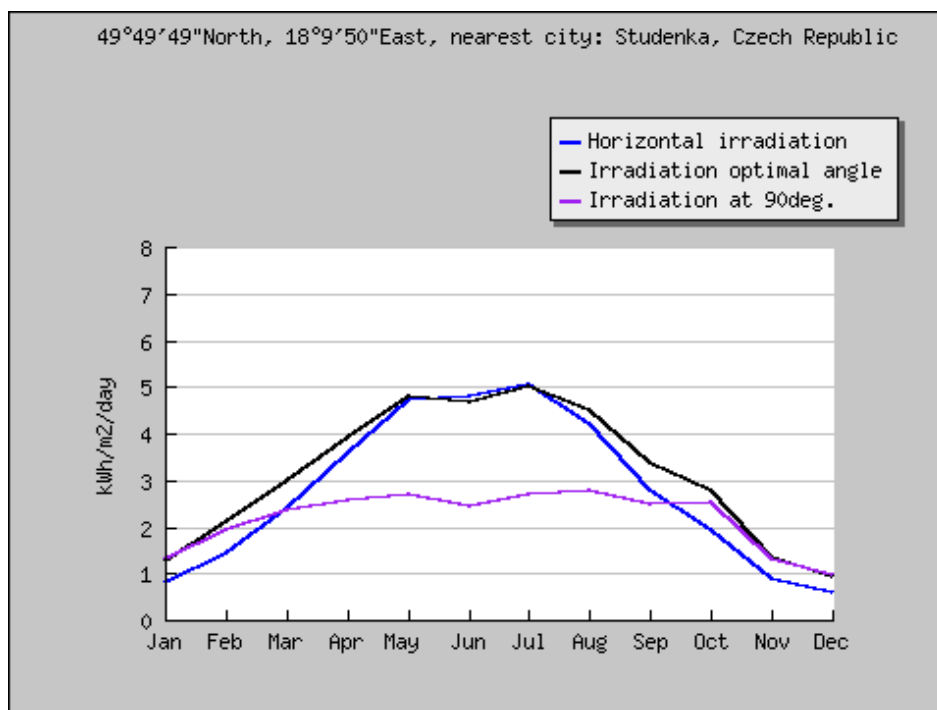
Možné grafy výstupu:

- graf slunečního záření pro horizontální plochu, plochu s optimálním sklonem a plochu se sklonem 90° ,
- graf optimálního úhlu sklonu panelu,
- graf průměrné teploty za 24 hodin,
- graf Linkeho faktoru zákalu atmosféry,
- graf poměru odraženého záření k celkovému záření,
- graf průměrných teplot během dne.

Příklad tabulky a grafů výstupu:

Month	H_h	H_{opt}	$H(90)$	I_{opt}	T_{24h}	N_{DD}
Jan	791	1280	1310	65	-2.2	594
Feb	1440	2100	1960	58	0.1	490
Mar	2390	2970	2350	45	3.1	411
Apr	3560	3940	2590	31	9.0	183
May	4710	4780	2680	20	14.2	78
Jun	4810	4670	2430	13	17.0	35
Jul	5050	5020	2680	17	18.9	10
Aug	4220	4530	2790	27	18.5	47
Sep	2800	3350	2490	41	14.0	176
Oct	1940	2790	2520	56	9.9	339
Nov	889	1340	1320	61	4.3	509
Dec	592	942	973	65	-1.0	641
Year	2780	3150	2180	35	8.8	3513

Obrázek 7 - Tabulka výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu měsíčního záření



Obrázek 8 - Graf slunečního záření pro jednotlivé měsíce

2.1.5.3. Denní záření

Popis tabulky výstupu:

Anglicky	Česky
G : Global irradiance on a fixed plane (W/m^2)	Celkové záření na pevné ploše
G_d : Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m^2)	Odražené záření na pevné ploše
G_c : Global clear-sky irradiance on a fixed plane (W/m^2)	Celkové záření na pevné ploše při jasné obloze
A : Global irradiance on 2-axis tracking plane (W/m^2)	Celkové záření na otáčející se ploše
A_d : Diffuse irradiance on 2-axis tracking plane (W/m^2)	Odražené záření na otáčející se ploše
A_c : Global clear-sky irradiance on 2-axis tracking plane (W/m^2)	Celkové záření na otáčející se ploše při jasné obloze
T_d : Average daytime temperature profile ($^{\circ}C$)	Průměrná teplota během dne

Tabulka 6 - Překlad pojmů tabulky výstupu denního záření

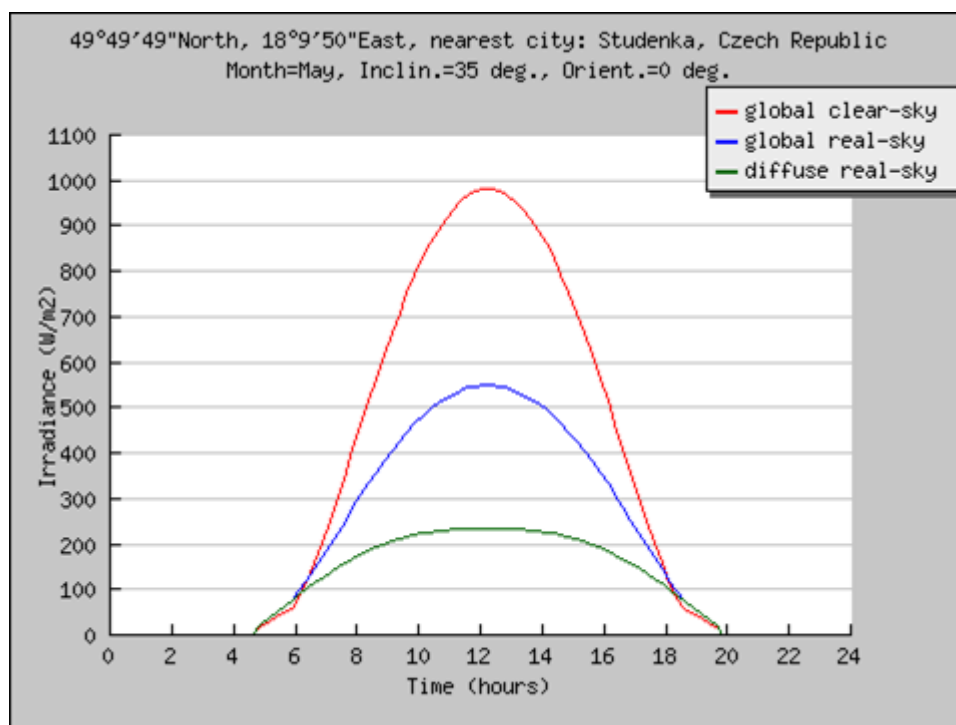
Možné grafy výstupu:

- graf slunečního záření pro pevnou plochu (celkové při jasné obloze, celkové při zatažené obloze, rozptýlené při reálné obloze),
- graf slunečního záření pro natáčející se plochu (celkové při jasné obloze, celkové při zatažené obloze, rozptýlené při reálné obloze),
- graf teploty okolí,
- graf výšky Slunce a horizontu pro 21. prosinec a 21. červen.

Příklad tabulky a grafů výstupu:

Time	G	G_d	G_e	A	A_d	A_e	T_d
04:52	21	21	16	41	17	75	-
05:07	35	35	27	78	34	146	-
05:22	49	48	38	125	56	236	-
05:37	63	62	48	166	73	318	-
05:52	76	74	58	206	89	395	-
06:07	95	87	80	243	104	465	-
06:22	119	100	116	277	118	529	10.9
06:37	144	113	158	309	131	586	11.3

Obrázek 9 - Část tabulky výstupu pro výchozí nastavení při výpočtu denního záření



Obrázek 10 - Graf jednotlivých složek denního slunečního záření

2.1.6. Zhodnocení aplikace

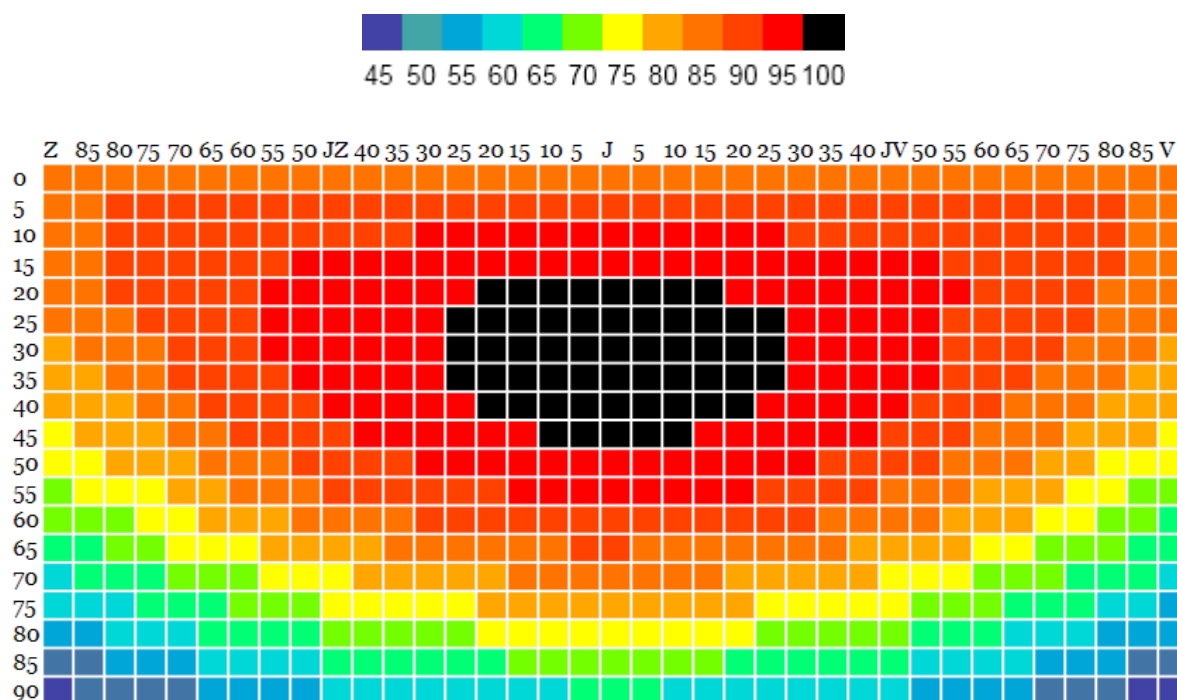
Celá aplikace představuje velice užitečný a uživatelsky přívětivý nástroj, který je velmi nápomocný při návrhu FVS a jejich předběžných výpočtech.

Za hlavní nevýhodu celé aplikace lze považovat nemožnost výběru většího území pro výpočet, nemožnost podrobnějšího nastavení a nutnost internetového připojení.

3. Výpočty a vstupní data

Množství sluneční energie, která dopadá na danou plochu je ovlivněno několika faktory. Například zeměpisnou polohou, ročním obdobím, orientací a sklonem plochy a zejména oblačností. Intenzita slunečního záření pro Českou republiku je odhadována na 900 – 1500 kW/m² za rok [9, 10].

Obrázek 12 popisuje vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů na jejich výkon. Z obrázku je patrné, že nejvhodnější orientací fotovoltaických panelů v České republice je jih se sklonem přibližně 35°.



Obrázek 11 - Vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů na jejich výkon

Následující výpočty umožňují odhad slunečního záření, které dopadne na danou plochu [2]. Nedá se totiž nikdy zaručit, že poskytnuté údaje pro výpočet se budou zcela shodovat s aktuálními podmínkami.

3.1. Výpočet intenzity slunečního záření

3.1.1. Přímé záření

Pro výpočet se používá sluneční konstanta (I_0), známá také jako solární konstanta, která představuje sluneční energii procházející plochou 1 m² za 1s ve střední vzdálenosti Země od Slunce měřenou mimo zemskou atmosféru. Konstanta zahrnuje celé spektrum slunečního záření, tedy nejen viditelné světlo a její hodnota se rovná 1367 W.m⁻². Z důvodu excentricity oběžné dráhy Země, se vzdálenost Země od Slunce během roku mění. Proto se při výpočtech mimozemského záření G_0 [W.m⁻²] ze sluneční konstanty používá korekční faktor e pro různé vzdálenosti:

$$G_0 = I_0 e,$$

kde

$$e = 1 + 0,03344 \cos (j' - 0,048869),$$

kde j' je úhel dne v radiánech vypočtený pomocí vzorce:

$$j' = \frac{2 \pi j}{365,25}$$

j je číslo dne (1 pro 1. ledna, 365 (366) pro 31. prosince).

Přímé záření normálního slunečního záření $B_{0c} [W \cdot m^{-2}]$ se vypočítá následujícím způsobem:

Rovnice 1

$$B_{0c} = G_0^{-0,8662 T_{LK} m d_R(m)}$$

Parametr rovnice $-0,8662 T_{LK}$ je hmotnost vzduchu 2. Linkeho faktoru zákalu atmosféry. Parametr m je relativní optická hmotnost vzduchu vypočtená rovnicí:

Rovnice 2

$$m = \frac{(p/p_0)}{\sin h_0^{\text{ref}} + 0.50572 (h_0^{\text{ref}} + 6.07995) - 1.6364}$$

h_0^{ref} je opravená výška Slunce h_0 (úhel mezi Sluncem a horizontem) ve stupních rozptylem atmosféry Dh_0^{ref} :

$$Dh_0^{\text{ref}} = \frac{0,061359 (0,1594 + 1,123 h_0 + 0,065656 h_0^2)}{1 + 28,9344 h_0 + 277,3971 h_0^2}$$

$$h_0^{\text{ref}} = h_0 + Dh_0^{\text{ref}}$$

Složka (p/p_0) Rovnice 2 je korekce pro danou nadmořskou výšku z [m]:

$$\frac{p}{p_0} = \exp\left(-\frac{z}{8434,5}\right)$$

Parametr $d_R(m)$ Rovnice 1 je Rayleighova optická tloušťka na m hmoty vzduchu a je vypočtena následovně:

a) Pro $m \leq 20$:

$$d_R(m) = \frac{1}{6.6296 + 1.7513m - 0,1202m^2 + 0,0065m^3 - 0,00013m^4}$$

b) Pro $m > 20$:

$$d_R(m) = \frac{1}{10,4 + 0,718m}$$

Přímé záření pro vodorovný povrch $B_{hc} [Wm^{-2}]$ se poté vypočítá takto:

$$B_{hc} = B_{0c} \sin(h_0),$$

kde h_0 je výška Slunce.

Přímé záření pro nakloněný povrch $B_{ic} [Wm^{-2}]$ se počítá následující rovnicí:

$$B_{ic} = B_{0c} \sin(d_{exp}),$$

kde d_{exp} je úhel Slunce mezi Sluncem a nakloněným povrchem.

3.1.2. Rozptýlené záření

Odhadem rozptýleného záření na vodorovném povrchu $D_{hc} [W.m^{-2}]$ je produkt běžného mimozemského záření G_0 , funkce Tn závislé na Linkeho zákalu atmosféry T_{LK} a funkci F_d závislé na výšce Slunce h_0 .

$$D_{hc} = G_0 Tn(T_{LK}) F_d(h_0),$$

kde $Tn(T_{LK})$

$$Tn(T_{LK}) = -0,015843 + 0,030543T_{LK} + 0,0003797T_{LK}^2$$

Solární výška Slunce se vypočítá následovně:

$$F_d(h_0) = A_1 + A_2 \sinh_0 + A_3 \sin^2 h_0,$$

kde hodnoty koeficientů A_1, A_2, A_3 jsou závislé na Linkeho faktoru zákalu atmosféry:

$$A'_1 = 0,26463 - 0,061581T_{LK} + 0,0031408 T_{LK}^2$$

$$A_1 = \frac{0,0022}{Tn(T_{LK})} \text{ pokud } A'_1 Tn(T_{LK}) < 0,0022$$

$$A_1 = A'_1 \text{ pokud } A'_1 Tn(T_{LK}) \geq 0,0022$$

$$A_2 = 2,0402 + 0,018945T_{LK} - 0,011161 T_{LK}^2$$

$$A_3 = -1,3025 + 0,039231T_{LK} - 0,0085079 T_{LK}^2$$

Model pro odhad rozptýleného záření pro nakloněný povrch a čistou oblohu rozlišuje mezi povrchy slunečnými, potenciálně slunečnými a povrchy ve stínu:

a) Pro slunečné povrchy a oblohu bez mraků (h_0 v radiánech):

- Když $h_0 \geq 0,1$ (cca $5,7^\circ$)

$$D_{ic} = D_{hc} \{F(g_N)(1 - K_b) + K_b \sin^2 d_{exp} / \sinh_0\},$$

- Když $h_0 < 0,1$

$$D_{ic} = D_{hc} \{F(g_N)(1 - K_b) + K_b \sin^2 g_N \cos A_{LN} / (0,1 - 0,008h_0)\},$$

kde

$$A_{LN}^* = A_0 - A_N$$

$$A_{LN} = A_{LN}^* \text{ pokud } -p \leq A_{LN}^* \leq p$$

$$A_{LN} = A_{LN}^* - 2p \text{ pokud } A_{LN}^* > p$$

$$A_{LN} = A_{LN}^* + 2p \text{ pokud } A_{LN}^* < -p$$

b) Pro povrchy ve stínu ($d_{exp} < 0$ a $h_0 \geq 0$):

$$D_{ic} = D_{hc} F(g_N),$$

kde se funkce $F(g_N)$ používá pro počítání odraženého záření oblohy a vypočítá se následovně:

$$F(g_N) = r_i(g_N) + \left(\sin g_N - g_N \cos g_N - p \sin^2 \left(\frac{g_N}{2} \right) \right) N$$

kde $r_i(g_N)$:

$$r_i(g_N) = (1 + \cos g_N) / 2$$

a hodnota N je pro povrchy ve stínu 0,25277. Pro ostatní povrchy se vypočítá následovně:

$$N = 0,00263 - 0,712K_b - 0,6883K_b^2$$

K_b je dostupné přímé záření:

$$K_b = B_{hc} / G_{0h},$$

kde $G_{0h} [W \cdot m^{-2}]$ se vypočítá následovně:

$$G_{0h} = G_0 \sin h_0$$

3.1.3. Od země odražené záření

Od země odražené záření $R_i [W \cdot m^{-2}]$ je závislé na celkovém horizontálním ozáření G_{hc} , průměrné odrazivosti země r_g a funkce $r_g(g_n)$:

$$R_i = r_g G_{hc} r_g(g_n)$$

$$r_g(g_n) = (1 - \cos g_n) / 2$$

Celkové záření pro vodorovný povrch $G_{hc} [W \cdot m^{-2}]$ se vypočítá jako součet přímé a rozptýlené složky záření:

$$G_{hc} = B_{hc} + D_{hc}$$

Většinou se pro odrazivost používají hodnoty mezi 0,15 a 2,0.

3.1.4. Výpočet záření reálné oblohy

Záření reálné oblohy se počítá ze záření čisté oblohy spolu s parametrem určujícím oblačnost. Hodnoty čisté oblohy G_{hc} jsou násobeny indexem k_c .

$$G_h = G_{hc} k_c$$

Index k_c vyjadřuje poměr celkového záření pro vodorovný povrch pro zataženou a jasnou oblohu. Může být vypočten ze změřeného celkového záření G_{hs} a vypočtené hodnoty celkového záření čisté oblohy G_{hc} .

$$k_c = G_{hs}/G_{hc}$$

Pro nakloněný povrch se počítá následovně:

$$D_h = D_{hc} k_c^d$$

$$B_h = B_{hc} k_c^b$$

Hodnoty pro celkové záření pro vodorovnou plochu G_{hs} a hodnota pro rozptýlené záření D_{hs} jsou získávány z měření nebo výpočtů klimatologických dat:

$$D_h = G_h D_{hs} / G_{hs}$$

$$B_h = G_h - D_h$$

$$k_c^d = D_h / D_{hc}$$

$$k_c^b = B_h / B_{hc}$$

3.2. Vstupní data

Aplikace používají dva druhy vstupních dat pro nadmořskou výšku, která je základem pro výpočty. Hodnoty nadmořské výšky jsou používány jak u výpočtu intenzity slunečního záření, tak i například při výpočtech sklonu a orientace terénu.

Prvním typem je Výškový model SRTM DEM [11], druhým typem je Globální výškový model ASTER GDEM [12]. Jak vyplývá z následujících údajů, pro výpočty v mé aplikaci jsou vhodnější data z ASTER GDEM, která jsou přesnější, ale taky 9x rozsáhlejší, a tím zároveň náročnější na zpracování. Data obou typů jsou k dispozici zdarma, aplikace podporuje oba typy dat, proto záleží pouze na uživateli, který typ vstupních dat zvolí.

3.2.1. SRTM DEM

Výškový model SRTM DEM (*Shuttle Radar Topography Mission Digital Elevation Model*) je mezinárodní projekt Národní agentury pro zpravodajství o Zemi (NGA) a americké kosmické agentury (NASA).

Data SRTM byly získány v únoru roku 2000 během 11denní mise raketoplánu Endeavour pomocí speciálního radarového zařízení.

Data jsou k dispozici ve dvou variantách:

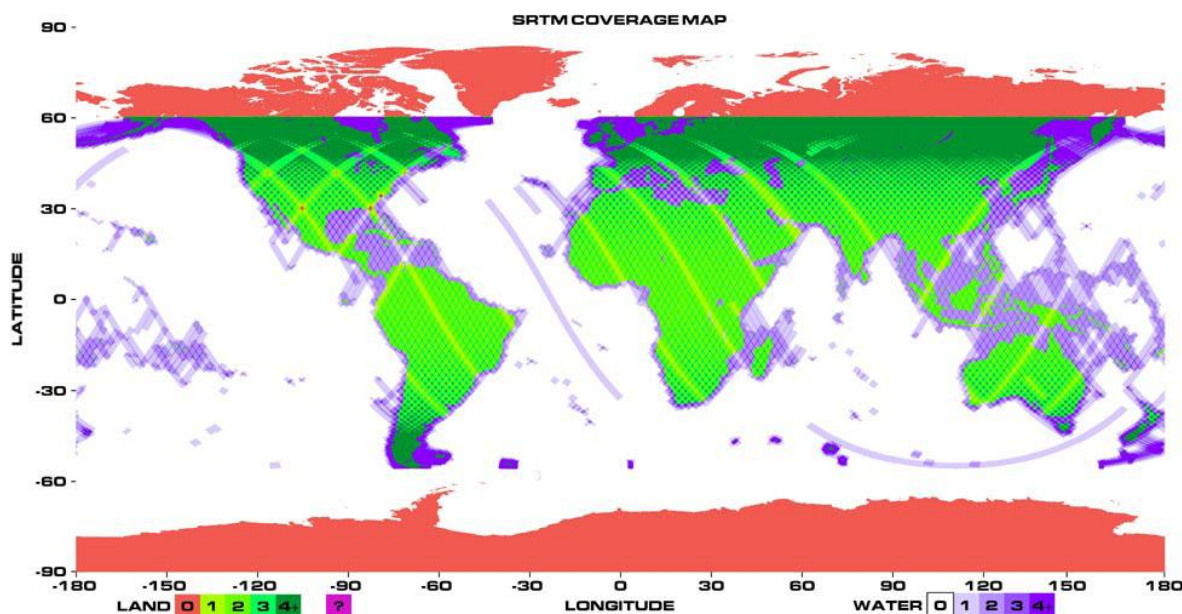
- 1) **SRTM1** - data jsou dostupné pro území USA v rozlišení 1 úhlové vteřiny (přibližně 30 metrů na rovníku),
- 2) **SRTM3** - data pokrývají pevninu mezi 60° severní šířky a 56° jižní šířky. Každá oblast byla nasnímána nejméně jednou, 95% plochy dokonce dvakrát.

Základní parametry SRTM3 DEM shrnuje následující tabulka:

Velikost dlaždice	1200 x 1200 (1 x 1 úhlový stupeň)
Interval hodnot	3 úhlové vteřiny (přibližně 90 metrů na rovníku)
Zeměpisné souřadnice	Zeměpisná šířka a délka
Výstupní formát DEM	16bitový GeoTIFF, Souřadnicový systém WGS84/EGM96
Pokrytí	60° severní šířky a 56° jižní šířky

Tabulka 7 - Základní parametry SRTM3 DEM

Následující obrázek popisuje, kolikrát byla daná plocha snímána. Červená barva území znamená, že dané území snímáno nebylo. Pro snímané plochy je barva zelená, pro vodní plochy je učená barva modrá. Bylo nasnímáno jen malé množství vodních ploch pro kalibrační účely.



Obrázek 12 - Znázornění nasnímaného území pro výškový model SRTM DEM

3.2.2. ASTER GDEM

Jedná se o Globální výškový model ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Model*), který vznikl za spolupráce japonského Ministerstva ekonomie, obchodu a průmyslu (METI) a americké kosmické agentury (NASA).

Pro vytvoření ASTER GDEM dat bylo potřeba zpracovat 1,5 milionů scén. Automatizované zpracování trvalo přibližně jeden rok a výsledkem byla beta verze dat

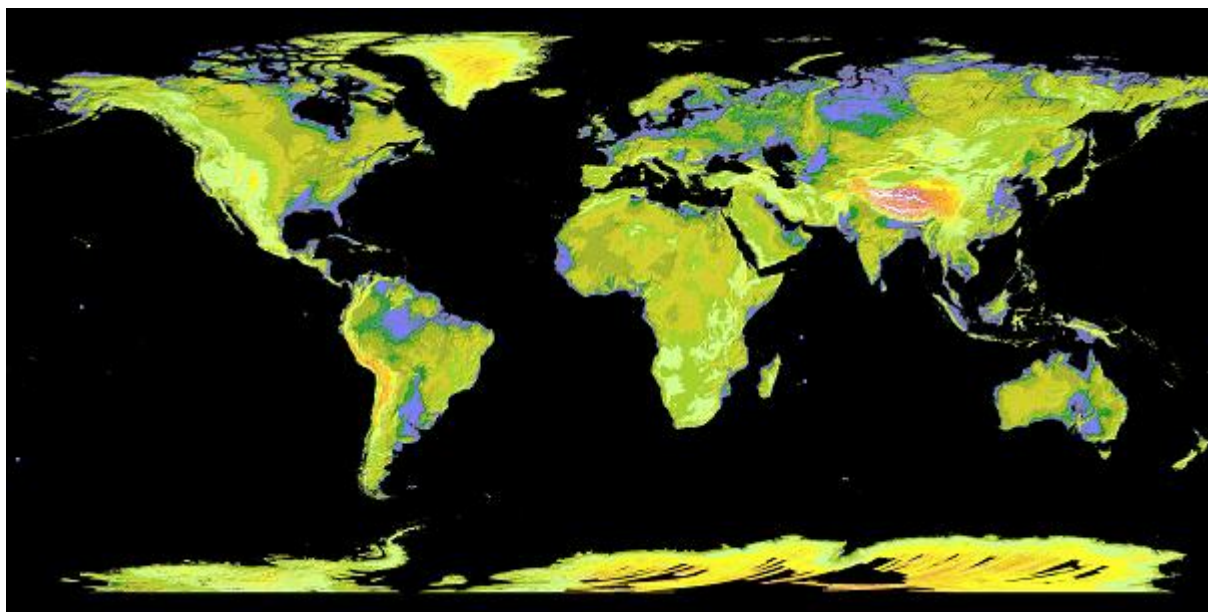
ASTER GDEM. Ve verzi 1 jsou opraveny výškové anomálie, které se nacházely severně od 60° severní šířky.

ASTER GDEM pokrývá pevninu mezi 83° severní šířky do 83° jižní šířky a je tvořen 22 600 dlaždicemi, kde každá dlaždice představuje jeden úhlový stupeň. Data ASTER GDEM jsou poskytována ve formátu GeoTIFF, kde každý pixel představuje jednu výškovou hodnotu. Velikost dlaždice je 3601x3601 pixelů (každá dlaždice se překrývá se sousední dlaždicí o jeden pixel).

Předprodukční odhady rozlišení (nezaručené) byly odhadovány na 20 m pro 95% vertikálních dat a 30 m pro 95% horizontálních dat. Základní parametry ASTER GDEM vystihuje následující tabulka:

Velikost dlaždice	3601 x 3601 pixelů (1 x 1 úhlový stupeň)
Interval hodnot	1 úhlová vteřina (přibližně 30 metrů na rovníku)
Zeměpisné souřadnice	Zeměpisná šířka a délka
Výstupní formát DEM	16bitový GeoTIFF, Souřadnicový systém WGS84/EGM96
Pokrytí	83° severní šířky - 83° jižní šířky, 22 600 dlaždic

Tabulka 8 - Základní parametry ASTER GDEM



Obrázek 13 - Obrázek odvozený z dat ASTER GDEM

4. Vlastní aplikace

Tato kapitola se zabývá popisem funkčnosti aplikací, které byly vyvíjeny v rámci bakalářské práce.

Všechny vyvíjené aplikace mají následující funkce:

- vyhledání určité polohy na mapě,
- zadání plochy nebo pozice pro výpočet slunečního záření,
- vizualizaci vlivu sklonu a orientace na výkon fotovoltaických panelů pro zadanou oblast do mapy,
- detailní nastavení výpočtů slunečního záření,
- provádění výpočtu slunečního záření, včetně následujících složek slunečního záření (přímé, rozptýlené, odražené a celkové),
- možnost zjištění výšky a dalších informací o Slunci pro zadanou polohu,
- ukládání grafů a možnost zpracování výsledů výpočtů.

4.1.Desktopová aplikace

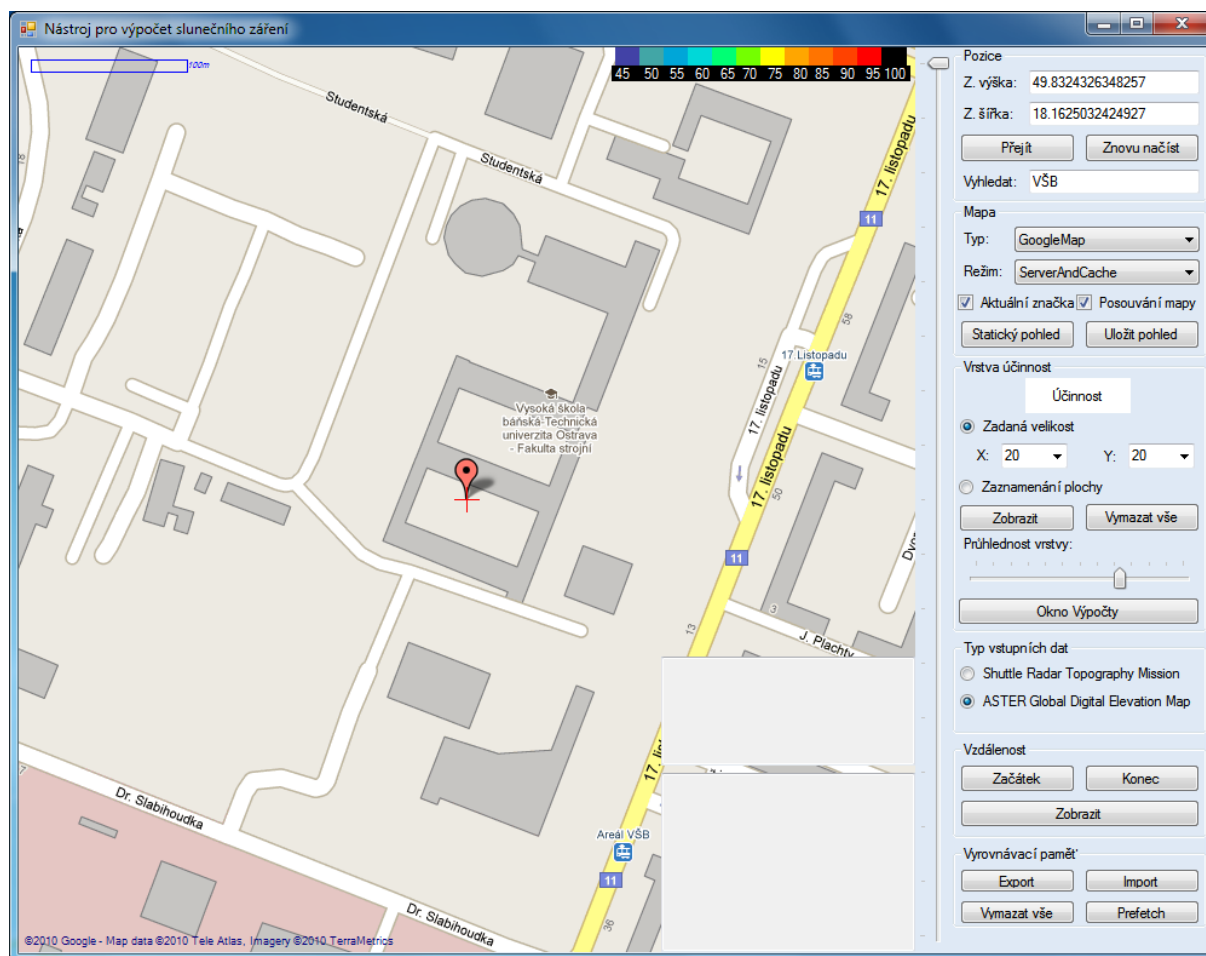
Tato aplikace je vyvíjena na platformě .NET [4] s použitím programovacího jazyka C# [3] a Open Source ovládacího prvku z projektu GMap.NET [6].

4.1.1. Instalace

Instalace aplikace není nutná, stačí pouze zkopírovat soubory z archivu do složky, ze které se bude aplikace spouštět. Pro spuštění aplikace je však nutný .NET Framework nejméně ve verzi 3.5.

4.1.2. Hlavní okno aplikace

Po spuštění aplikace se zobrazí hlavní okno aplikace, které je zobrazeno na Obrázku 15. V levé části okna se nachází samotná mapa, v pravé části jsou ovládací prvky pro ovládání a nastavení mapy a výpočtů.



Obrázek 14 - Hlavní okno vlastní desktopové aplikace

V prvním textovém poli shora v dolní části okna se po kliknutí do mapy nebo na značku zobrazují informace o aktuální pozici, nadmořské výšce, nadmořské výšce získané z webové služby, orientaci a sklonu. V druhém textovém poli se zobrazují doplňující informace o rozlišení (vzdálenosti mezi jednotlivými daty nadmořské výšky) a o Slunci pro aktuální polohu a čas.

4.1.3. Vyhledání požadované polohy

Pro vyhledání požadované pozice na mapě, se používá panel *Pozice* z pravé části. Obdobně jako v Interaktivních mapách EU lze použít dva způsoby pro vyhledání požadované polohy:

- 1) vyhledání požadované oblasti na mapě,
- 2) zadání zeměpisných souřadnic (např.: 49.830, 18.164) do políček *Zeměpisná šířka* a *Zeměpisná délka* a následným stisknutím tlačítka *Přejít* nebo zadáním zeměpisného názvu (např.: VŠB, Ostrava) do políčka *Vyhledat* a následným stisknutím klávesy Enter.

Tlačítko *Znovu načíst* způsobí znovu načtení podkladů daného pohledu na mapu.

4.1.4. Nastavení mapy

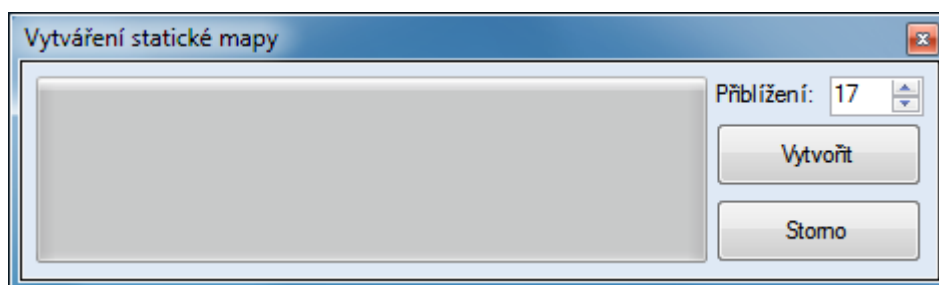
Nastavení zobrazování map v aplikaci je sdruženo v panelu *Mapa*. V panelu je možno vybrat typ používané mapy (k dispozici je přes 35 celosvětových a regionálních map) a režim načítání map. Při nastavení režimu načítání map na *ServerAndCache* se mapa načítá z Internetu (pokud byly

podklady mapy již někdy zobrazeny a uloženy do vyrovnávací paměti, použijí se data dostupná z vyrovnávací paměti, v opačném případě se podklady načtou z Internetu). Podobně funguje režim *ServerOnly* (data se načítají pouze z Internetu) a *CacheOnly* (data se načítají pouze z vyrovnávací paměti, jedná se tedy o režim vhodný pro zakázání načítání mapových podkladů z Internetu).

Zaškrtnutí políčko *Aktuální značka* slouží pro zapnutí nebo vypnutí zobrazení značky aktuální pozice na mapě.

Posouvání mapy (mapa se posouvá pomocí pravého tlačítka myši) lze zakázat odškrtnutím zaškrtnutí políčka *Posouvání mapy*.

Pomocí tlačítka *Statický pohled*, je možné uložit vybranou část mapy do souboru ve formě obrázku. Výběr požadované části mapy se provede pomocí tažením myši a současným držením klávesy Alt. Po vybrání části mapy a stisknutí tlačítka *Statický pohled* se otevře okno, ve kterém je možné pomocí číselníku *Přiblížení* nastavit přiblížení mapy. Po stisknutí tlačítka *Vytvořit* dojde k vytvoření obrázku, který bude nabídnut k uložení.



Obrázek 15 - Dialogové okno pro vytvoření statického pohledu

Tlačítko *Uložit pohled* v hlavním okně aplikace uloží aktuální pohled na mapu do souboru ve formě obrázku.

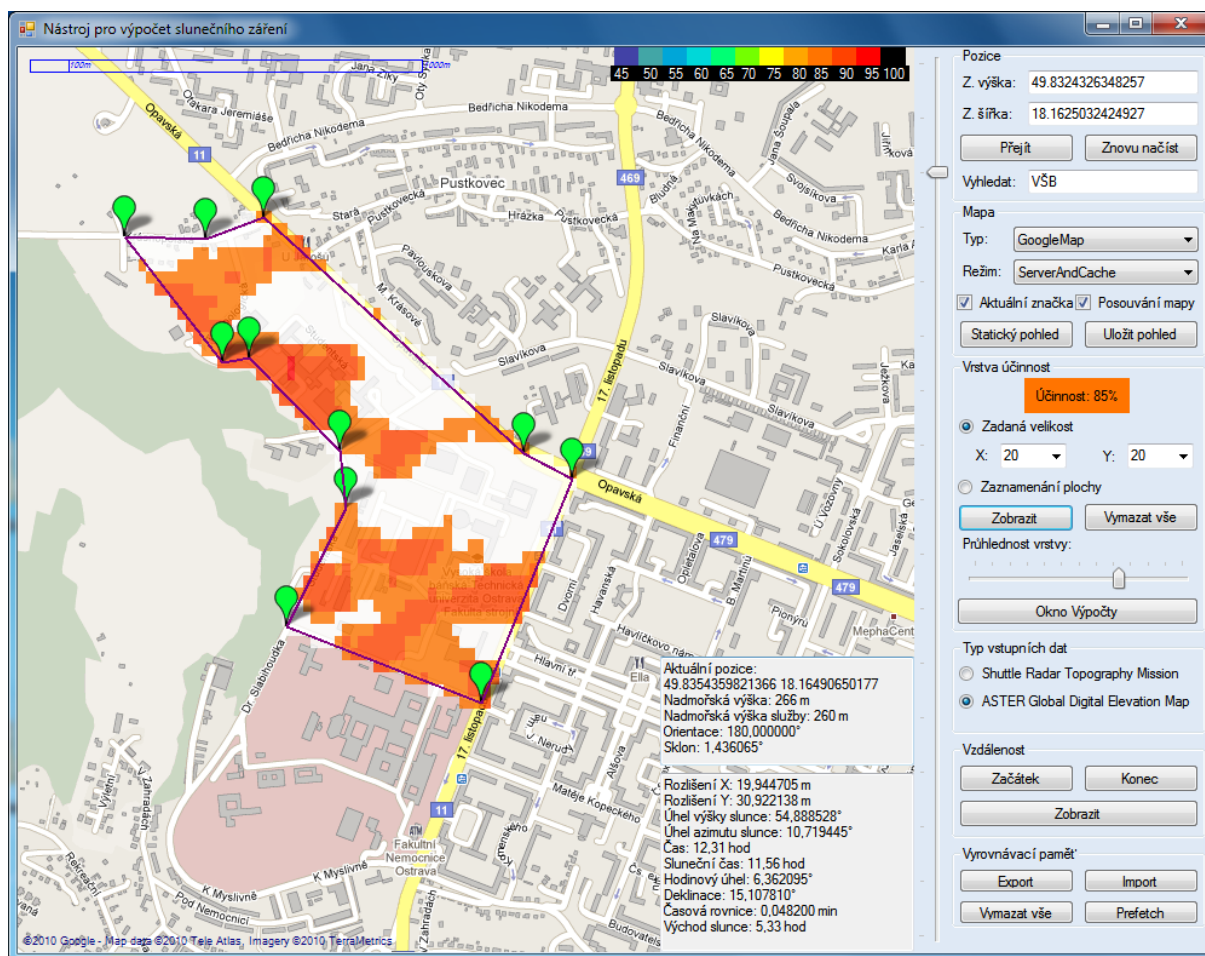
4.1.5. Nastavení vrstvy účinnost

Pro nastavení výpočtu slunečního záření se používá panel *Vrstva účinnost*. V políčku *Účinnost* v tomto panelu se zobrazuje účinnost daného bodu po kliknutí do mapy.

Pro zadání plochy pro výpočet lze použít tři možnosti:

- 1) nastavit přepínač *Zadaná velikost* a zadat velikosti plochy pomocí rozevíracích seznamů X a Y,
- 2) nastavit přepínač *Zaznamenání plochy* a pomocí klikání do mapy zadat jednotlivé rohové body plochy,
- 3) zadat plochu do mapy tažením myši a držením klávesy Shift.

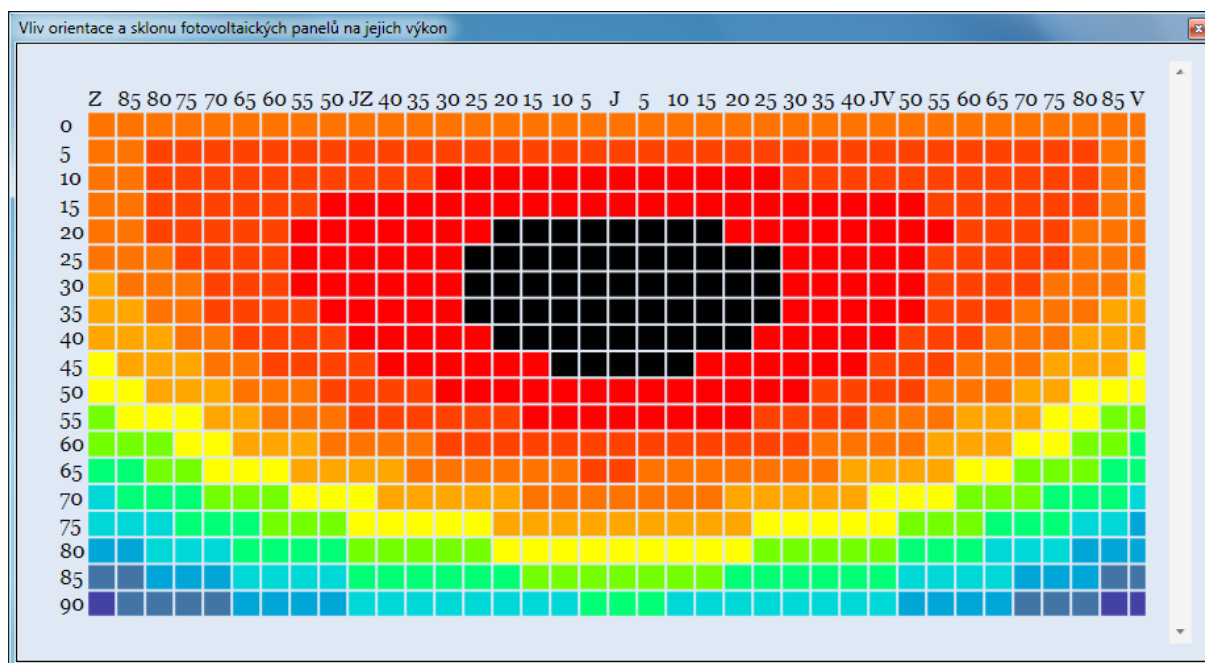
Po kliknutí na tlačítko *Zobrazit* se provede výpočet pro zadanou plochu a výsledek výpočtu se zobrazí do mapy. Při využití třetí možnosti pro zadání plochy není nutné klikat na tlačítko *Zobrazit*, výpočet se provede automaticky po puštění zmáčknutého tlačítka myši. Průběh výpočtu je zobrazován průběhem v levém dolním rohu aplikace.



Obrázek 16 - Příklad vizualizace sklonu v desktopové aplikaci

Kliknutím na tlačítko *Vymazat vše* se vymažou všechny objekty zobrazené na mapě.

Barevné rozlišení ploch odpovídá barevné stupnici, která je umístěna v pravém horním rohu mapy. Jedná se o vliv orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon. Podrobnosti o stupnici jsou znázorněny v dialogovém okně zobrazeném po kliknutí na stupnici. Bílou barvu mají na mapě plochy, jež jsou podle výpočtu orientovány na sever.



Obrázek 17 - Dialogové okno vlivu orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon

Průhlednost všech vrstev vrstvy účinnosti se mění pomocí posuvníku *Průhlednost vrstvy*.

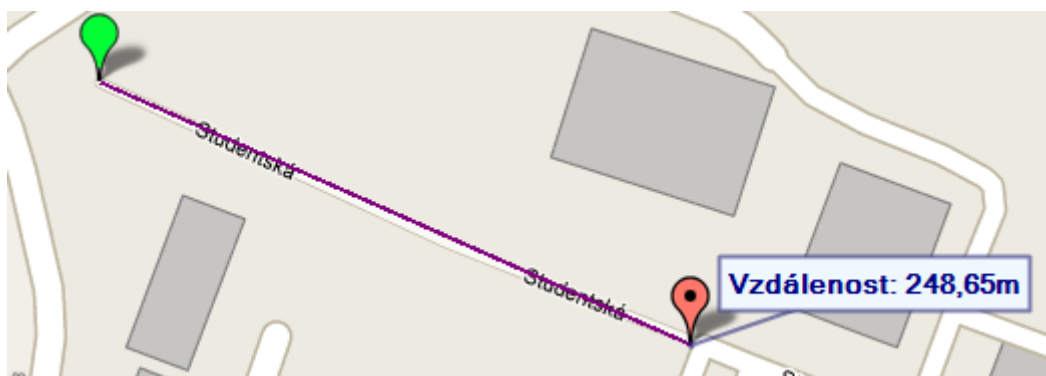
Kliknutím na tlačítko *Okno Výpočty* se zobrazí dialogové okno, které umožňuje vypočítat sluneční záření pro bod nebo oblast zobrazenou na mapě. Výpočtem se zabývá podkapitola *Výpočet slunečního záření*.

4.1.6. Nastavení typu vstupních dat

Aplikace podporuje oba druhy vstupních dat, které jsou popsány v kapitole *Výpočty a vstupní data*. Pomocí přepínačů v panelu *Typ vstupních dat* může uživatel přepínat mezi používanými vstupními daty.

4.1.7. Výpočet vzdálenosti

Aplikace podporuje i výpočet vzdušné vzdálenosti mezi dvěma body pomocí panelu *Vzdálenost*. Bod začátku/konce se nastavuje vždy kliknutím do mapy na požadované místo a stisknutím tlačítka *Začátek/Konec*. Po zadání obou bodů a stisknutí tlačítka *Zobrazit* se zobrazí na mapě vzdálenost dvou zadaných bodů.



Obrázek 18 - Výpočet vzdálenosti dvou bodů

4.1.8. Vyrovnávací paměť

Zajímavé možnosti nabízí panel *Vyrovnávací paměť*. Ten poskytuje jednak export a import mapových podkladů pomocí tlačítek *Export* a *Import* a zároveň nabízí také možnost smazání vyrovnávací paměti, čímž dojde k vymazání celé databáze stáhnutých datových podkladů. Tlačítko *Prefetch* slouží k přednačtení mapových podkladů vybrané oblasti.

4.1.9. Výpočet slunečního záření

V dialogovém okně *Výpočty*, které se zobrazí po kliknutí na tlačítko *Okno Výpočty* z panelu *Vrstva účinnost* v hlavním okně aplikace, je možné provést výpočet slunečního záření pro bod nebo plochu zadanou na mapě.

The screenshot shows the 'Výpočty' dialog box. The 'Nastavení' section on the left contains a calendar for April 2010, a dropdown menu for 'Linkeho číselník základu atmosféry' set to '4 - Město', input fields for 'Odraživost (albedo) [°]' (0.2) and 'Sklon (slope) [°]' (35.00), and a checkbox for 'Použít zadaný sklon'. The 'Výpočet' section on the right has radio buttons for 'Bod (1m2)' (selected) and 'Plocha (průměr pro 1m2)', and a 'Účinnost' button. Below these are input fields for 'Čas (pouze pro výpočet dne a hodiny)' with sub-fields for 'Začátek [h]' (4), 'Konec [h]' (22), 'Krok' (1.00), and 'Hodina [h]' (12). A 'Vypočítat' button is at the bottom right. The bottom section has tabs for 'Den', 'Měsíc', 'Rok', 'Slunce', and 'Hodina'.

Obrázek 19 - Dialogové okno Výpočty desktopové aplikace

Pro provedení výpočtu je možné nastavit několik parametrů, které jsou popsány v následující tabulce:

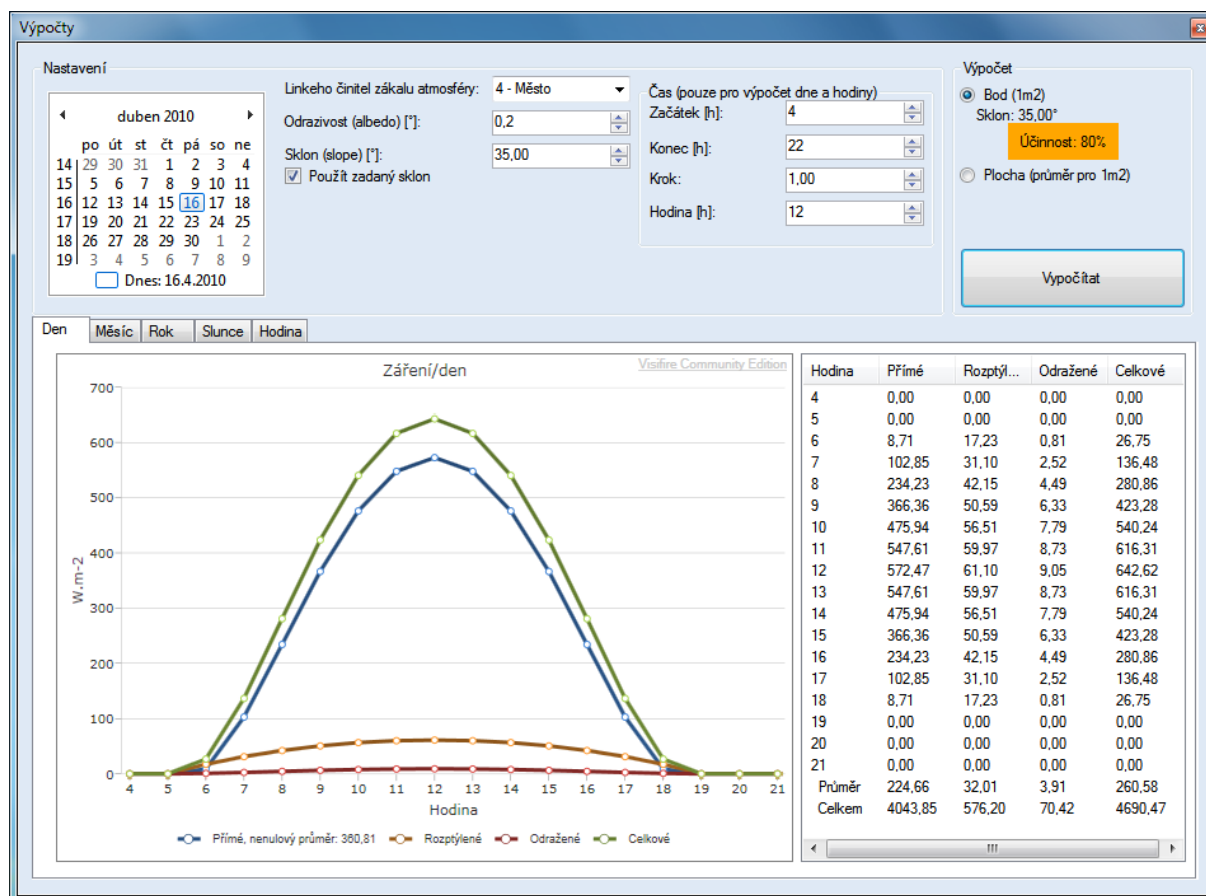
Parametr	Vysvětlení
Nastavení	
<i>Datum</i>	Nastavení data
<i>Linkeho činitel zákalu atmosféry</i>	Linkeho činitel zákalu atmosféry vyjadřuje, o kolik je sluneční záření díky aerosolům utlumeno. Znázorňuje optickou hustotu zamlžené a vlhké atmosféry k čisté a suché atmosféře. (1-7)
<i>Odrazivost</i>	Odrazivost plochy
<i>Sklon</i>	Sklon, který se použije, pokud je zaškrtnuto políčko <i>Použít zadaný sklon</i>
<i>Použít zadaný sklon</i>	Zadaný sklon z pole <i>Sklon</i> se použije pro výpočet bodu/plochy
Nastavení času	Nastavení je použito při výpočtu pro Den a Hodinu
<i>Začátek</i>	Hodina pro začátek výpočtu slunečního záření
<i>Konec</i>	Hodina pro konec výpočtu slunečního záření
<i>Krok</i>	Časový krok (1 - výpočet se pro hodinu provede 1x; 0,5 - výpočet se pro hodinu provede 2x)
<i>Hodina</i>	Hodina, pro kterou se provede výpočet a jejíž výstup se zobrazí ve výstupu <i>Hodina</i>
Výpočet	
<i>Bod</i>	Výpočet se provede pro zadaný bod na mapě, plocha 1 m ²
<i>Plocha</i>	Výpočet se provede pro zadanou plochu na mapě, výsledky jsou průměrem pro plochu 1 m ²

Tabulka 9 - Vysvětlení možností nastavení výpočtu

Po provedení nastavení a stisknutí tlačítka *Vypočítat* se provede výpočet a jeho výstup se zobrazí v panelech pod jednotlivými záložkami. Při výpočtu pro bod se zobrazí pod přepínačem *Bod* sklon a účinnost. Při výpočtu pro plochu se zobrazí pod přepínačem *Plocha* celková plocha, pro kterou byl výpočet proveden (v m²).

Popis jednotlivých záložek:

- **Den** - zobrazí graf a tabulku výsledku výpočtu slunečního záření (přímé, rozptýlené, odražené a celkové) pro zadaný den, včetně nenulového průměru, průměru a součtu,
- **Měsíc** - zobrazí graf a tabulku výsledku výpočtu slunečního záření (přímé, rozptýlené, odražené a celkové) pro dny zadaného měsíce, včetně průměru a součtu,
- **Rok** - zobrazí graf a tabulku výsledku výpočtu slunečního záření (přímé, rozptýlené, odražené a celkové) měsíců zadaného roku, včetně průměru a součtu,
- **Slunce** - zobrazí graf výšky Slunce pro zadaný den (*pouze při výpočtu pro bod*),
- **Hodina** - obsahuje tabulku podrobných výpočtů a informace pro zadanou hodinu (*pouze při výpočtu pro bod*).



Obrázek 20 - Příklad výstupu výpočtu v dialogovém okně Výpočty desktopové aplikace

Grafy výstupu lze jednoduše uložit po kliknutí na graf a vybrání umístění a názvu souboru obrázku v zobrazeném dialogu. Obsahy tabulek je možné zkopírovat do systémové schránky pomocí kliknutí pravým tlačítkem myši do tabulky a vybráním příkazu *Kopírovat vše* ze zobrazené nabídky. Výstup výpočtu lze tedy takto jednoduše přenést například do tabulkového procesoru.

4.2. JavaScriptová aplikace

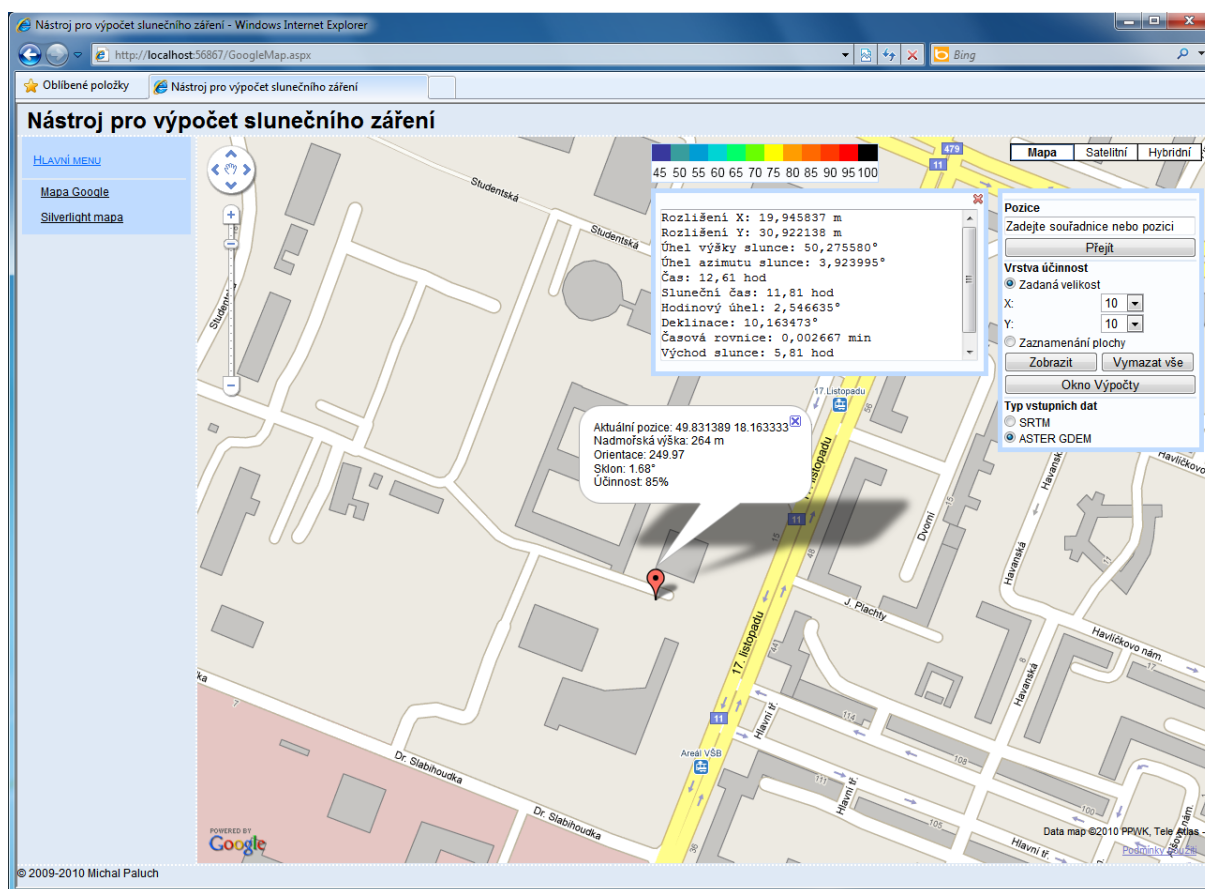
Jedná se o internetovou aplikaci, která používá mapy Google [7] a zobrazuje informace na mapě pomocí JavaScriptu, prostřednictvím kterého komunikuje s webovou službou vytvořenou v rámci bakalářské práce. Aplikace je napsána také na platformě .NET za využití technologie ASP.NET verze 4.0 [5] pro vývoj internetových stránek a jazyka C# pro komunikaci s webovou službou. V aplikaci je použita i JavaScriptová knihovna jQuery [13].

4.2.1. Hlavní okno aplikace

Po načtení stránky se zobrazí hlavní okno aplikace. V levé části okna se stejně jako v desktopové verzi aplikace nachází mapa, v pravé části jsou ovládací prvky. V horní části se nachází barevná stupnice, která vystihuje závislost orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon.

Po kliknutí na barevnou stupnici se zobrazí podrobnosti o této závislosti. Bílou barvu mají na mapě plochy, které jsou, stejně jako v desktopové verzi aplikace, podle výpočtu orientovány na sever.

Po kliknutí na odkaz *Zobrazit informační okno* se zobrazí okno s doplňujícími informacemi jak o rozlišení (vzdálenosti mezi jednotlivými daty nadmořské výšky), tak o Slunci pro aktuální polohu a čas. Toto okno lze zavřít pomocí křížku v pravém horním rohu okna.



Obrázek 21 - Hlavní okno JavaScriptové verze aplikace se zobrazeným informačním oknem

Po kliknutí do mapy se přidá nová značka. Značky je možno přemísťovat přetahováním pomocí myši. Po kliknutí na značku se zobrazí v informačním okně značky informace o aktuální pozici, nadmořské výšce, orientaci, sklonu a účinnosti.

4.2.2. Vyhledání požadované polohy

Pro vyhledání požadované polohy se v JavaScriptové verzi aplikace používá část panelu na pravé straně, a to část *Pozice*. Obdobně jako v Interaktivních mapách EU lze použít dva způsoby pro vyhledání požadované polohy:

- 1) vyhledání požadované oblasti na mapě,
- 2) zadání zeměpisného názvu (např.: VŠB, Ostrava) nebo zeměpisných souřadnic (např.: 49.830N, 18.164E) do políčka *Pozice* a následným stisknutím tlačítka *Přejít*.

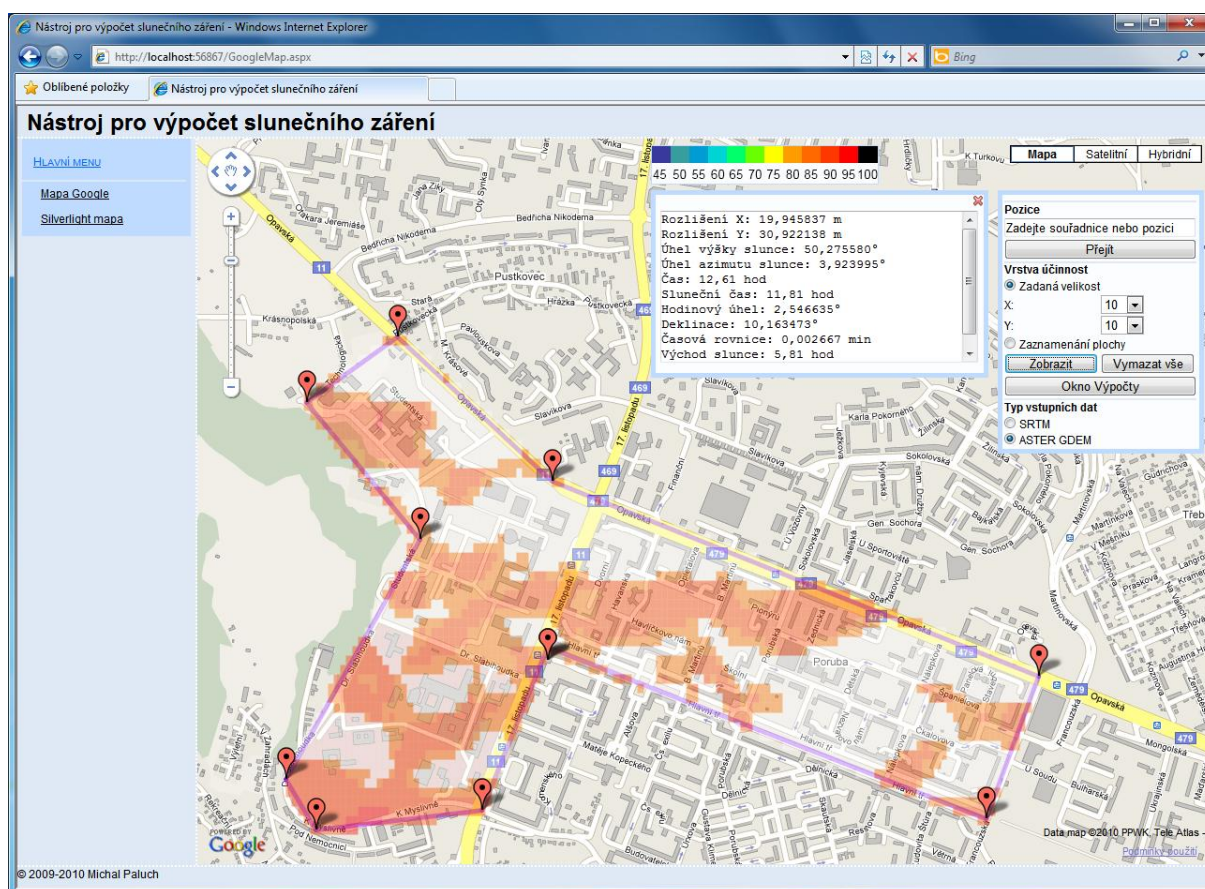
4.2.3. Nastavení vrstvy účinnost

Pro nastavení vrstvy účinnost se používá další část panelu na pravé straně, *Vrstva účinnost*.

Pro zadání plochy pro výpočet lze použít dvě možnosti:

- 1) nastavit přepínač *Zadaná velikost* a zadat velikosti plochy pomocí rozevíracích seznamů *X* a *Y*,
- 2) nastavit přepínač *Zaznamenání plochy* a pomocí klikání do mapy zadat jednotlivé rohové body plochy.

Po kliknutí na tlačítko *Zobrazit* se provede odeslání požadavku pro zadanou plochu na server a po vrácení výsledku serverem se výsledek výpočtu zobrazí do mapy.



Obrázek 22 - Příklad vizualizace sklonů v JavaScriptové verzi aplikace

Kliknutím na tlačítko *Vymazat vše* se vymažou všechny objekty zobrazené na mapě.

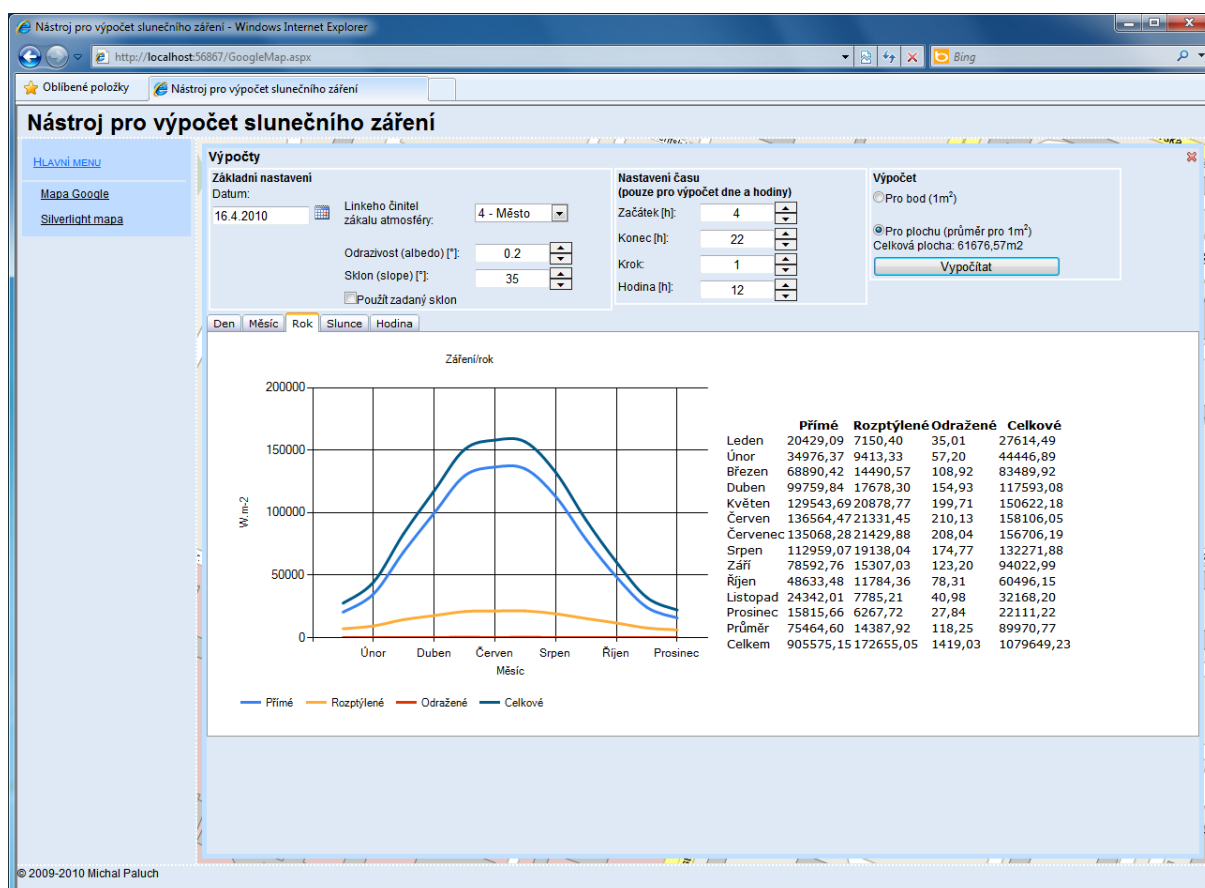
Po kliknutí na tlačítko *Okno Výpočty* se zobrazí podokno, které umožňuje vypočítat sluneční záření pro bod nebo oblast zobrazenou na mapě. Výpočtem se zabývá podkapitola *Výpočet slunečního záření*.

4.2.4. Nastavení typu vstupních dat

Aplikace podporuje, rovněž jako desktopová verze aplikace, oba druhy vstupních dat, které jsou popsány v kapitole *Výpočty a vstupní data*. Pomocí přepínačů v části panelu *Typ vstupních dat* může uživatel mezi používanými vstupními daty přepínat.

4.2.5. Výpočet slunečního záření

Po kliknutí na tlačítko *Okno Výpočty* se zobrazí podokno, ve kterém je možné provést výpočet slunečního záření pro bod nebo plochu zadanou na mapě.



Obrázek 23 - Příklad výstupu výpočtu v JavaScriptové verzi aplikace

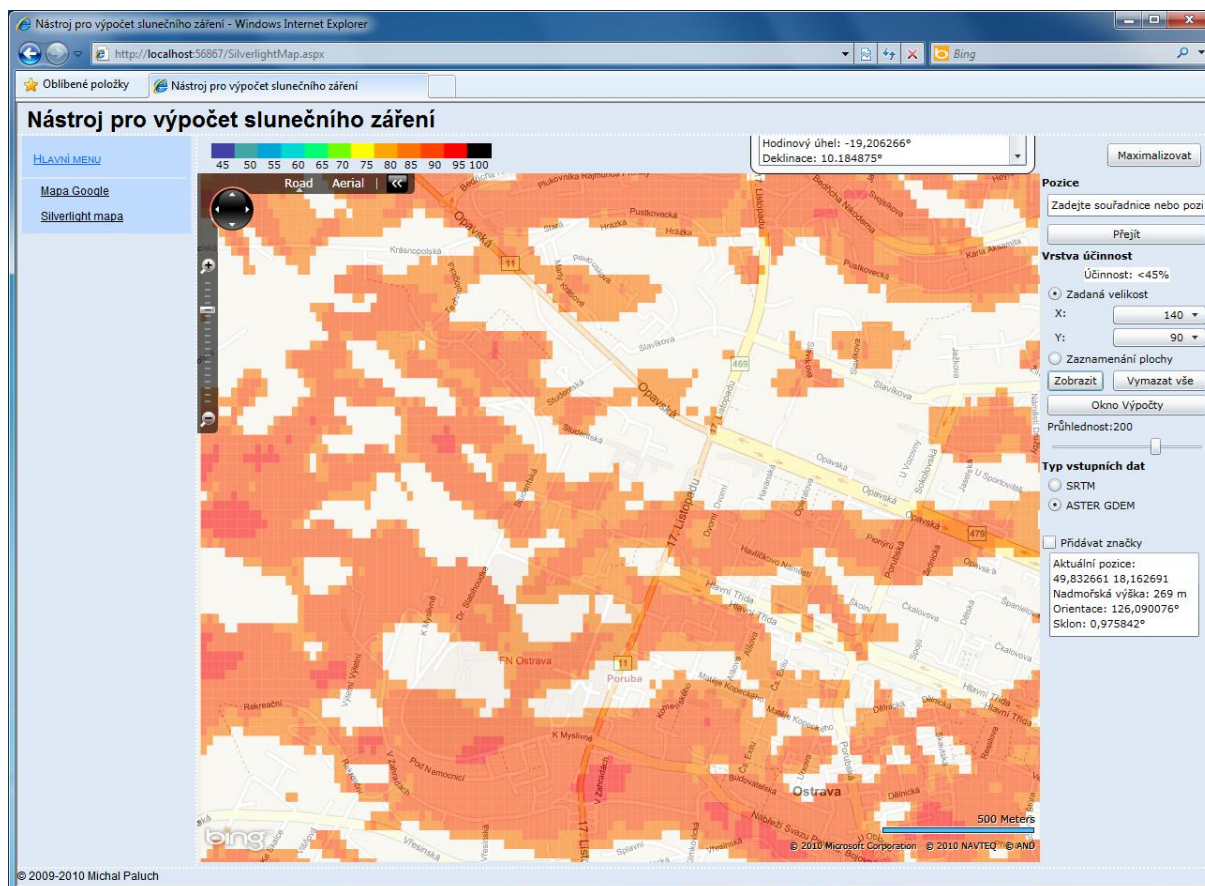
Podokno má podobné prostředí, stejné možnosti nastavení a stejný výstup jako dialogové okno *Výpočet* v desktopové verzi aplikace. Grafy je možné ukládat stejně jako obrázky z webové stránky. Po označení výstupu v tabulce a zkopírování dat do schránky lze data použít i v jiném programu. Podokno lze zavřít kliknutím na křížek v pravém horním rohu.

4.3. Silverlight aplikace

Tato aplikace je vytvořena pomocí technologie Silverlight opět na platformě .NET verze 4.0 s použitím programovacího jazyka C#. K zobrazování map se používají mapy Bing od společnosti Microsoft [8]. K zobrazování informací na mapě se používají data získané z webové služby. Pro zobrazení aplikace je nutné mít pro prohlížeč nainstalovaný doplněk, který umožňuje aplikaci zobrazit.

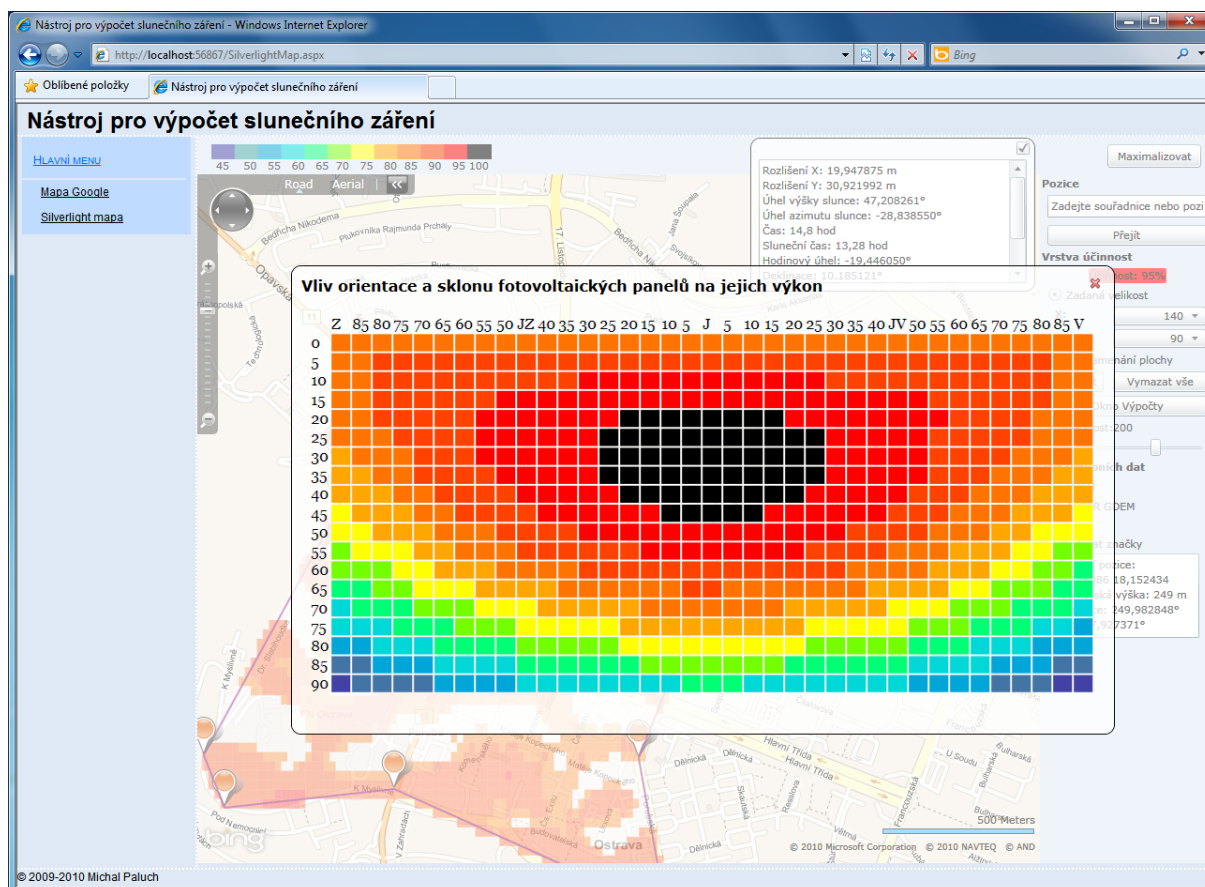
4.3.1. Hlavní okno aplikace

Po načtení stránky a aplikace se zobrazí hlavní okno aplikace. V levé části okna se podobně jako v předchozích aplikacích nachází mapa, v pravé části jsou ovládací prvky. V horní části se nachází barevná stupnice, která zobrazuje závislost orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon.



Obrázek 24 - Hlavní okno aplikace používající technologii Silverlight

Po kliknutí na barevnou stupnici se tak jako v předchozích aplikacích zobrazí podrobnosti o této závislosti. Bílou barvu mají na mapě plochy, stejně jako v předchozích aplikacích, které jsou podle výpočtu orientovány na sever.



Obrázek 25 - Vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů v Silverlight aplikaci, se zobrazeným informačním oknem

Aplikace obsahuje informační okno, které zobrazuje identické informace jako předchozí aplikace. Informační okno lze zobrazit po najetí kurzoru na viditelnou část tohoto okna. Tato část se nachází nahoře vlevo od ovládacích prvků na pravé straně. Po zobrazení okna je možno okno ukotvit zaškrtnutím políčka v pravém horním rohu okna. V opačném případě, když se nebude kurzor nacházet nad informačním oknem, dojde k automatickému skrytí okna do původní pozice.

4.3.2. Vyhledání požadované polohy

Vyhledávání požadované polohy má stejné možnosti jako v případě JavaScriptové aplikace.

4.3.3. Nastavení vrstvy účinnost

Pro nastavení vrstvy účinnost se používá část panelu na pravé straně, konkrétně část *Vrstva účinnost*. V prvním políčku (zpočátku neviditelném) se zobrazuje po kliknutí do mapy účinnost dané polohy.

Pro zadání plochy pro výpočet lze použít tři možnosti:

- 1) nastavit přepínač *Zadaná velikost* a zadat velikosti plochy pomocí rozevracích seznamů *X* a *Y*,
- 2) nastavit přepínač *Zaznamenání plochy* a pomocí klikání do mapy zadat jednotlivé rohové body plochy,
- 3) zadat plochu do mapy pomocí tažení myši a současně držením klávesy Ctrl.

Po kliknutí na tlačítko *Zobrazit* se provede odeslání požadavku pro zadanou plochu na server a po vracení výsledku serverem se výsledek výpočtu zobrazí do mapy. Při využití třetí možnosti pro zadání plochy není nutné klikat na tlačítko *Zobrazit*, výpočet se provede automaticky po puštění zmáčknutého tlačítka myši.

Kliknutím na tlačítko *Vymazat vše* se vymažou všechny objekty zobrazené na mapě.

Po kliknutí na tlačítko *Okno Výpočty* se zobrazí podokno, které umožňuje vypočítat sluneční záření pro bod nebo oblast zobrazenou na mapě. Výpočtem se zabývá podkapitola *Výpočet slunečního záření*.

Pomocí posuvníku *Průhlednost vrstvy* je možné změnit průhlednost vrstvy, která má být vložena.

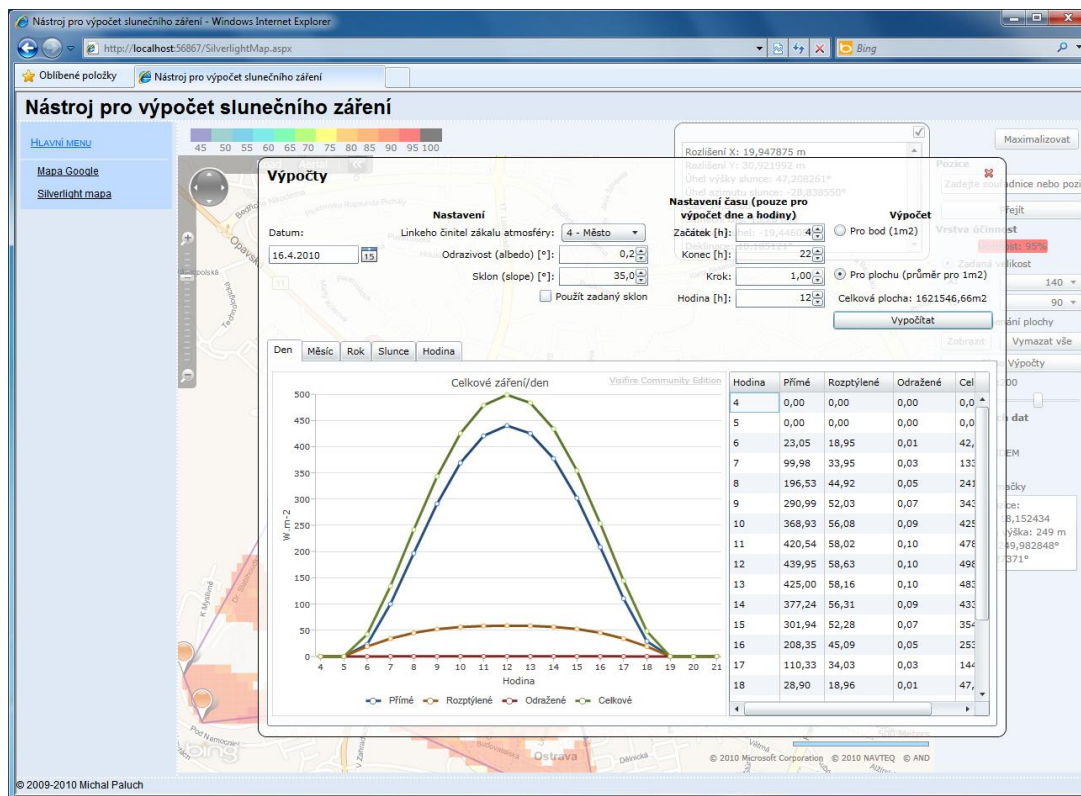
V textovém poli v dolní části pravého panelu se po kliknutí do mapy nebo na značku zobrazují informace o aktuální pozici, nadmořské výšce, orientaci a sklonu. Pro přidávání nových značek do mapy je nutné zaškrtnout zaškrťovací políčko *Přidávat značky*.

4.3.4. Nastavení typu vstupních dat

Aplikace podporuje, stejně jako předchozí verze aplikace, oba druhy vstupních dat, které jsou popsány v kapitole *Výpočty a vstupní data*. Pomocí přepínačů v části panelu *Typ vstupních dat* je možné mezi používanými vstupními daty přepínat.

4.3.5. Výpočet slunečního záření

Po kliknutí na tlačítko *Okno Výpočty* se zobrazí podokno, ve kterém lze provést výpočet slunečního záření pro bod nebo plochu zadanou na mapě.



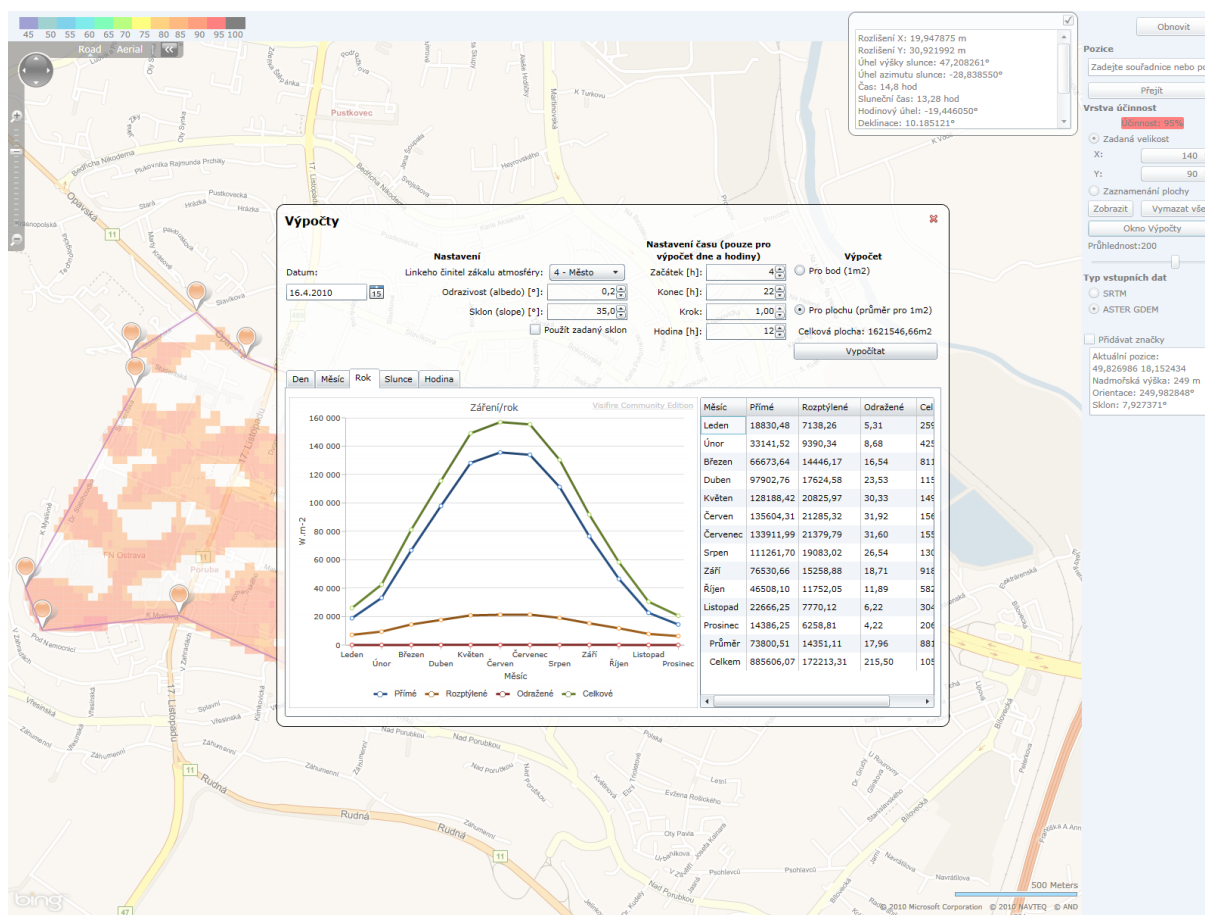
Obrázek 26 - Příklad výstupu výpočtu v Silverlight aplikaci

Grafy výstupu se dají jednoduše uložit po kliknutí na graf a vybrání umístění a názvu souboru obrázku v zobrazeném dialogu. Obsahy tabulek je snadné zkopírovat do systémové schránky označením požadovaných řádků tabulky a stisknutím kombinace kláves Ctrl+C. Po zkopírování dat do schránky je lze použít i v jiném programu.

Podokno lze zavřít kliknutím na křížek v pravém horním rohu.

4.3.6. Maximalizace okna

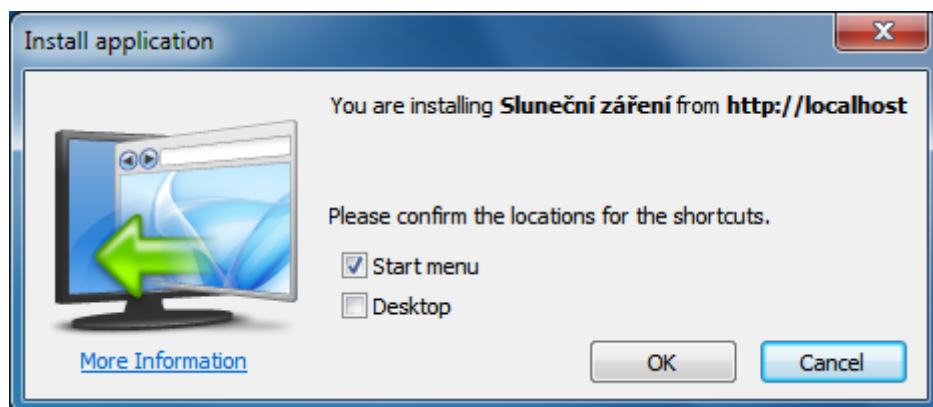
Okno aplikace lze velmi jednoduše zvětšit na celou obrazovku a využít tak maximální plochu pro zobrazení aplikace. Maximalizace okna se provede stisknutím tlačítka *Maximalizovat* umístěného v pravém horním rohu aplikace. Stisknutím klávesy Esc nebo stisknutím tlačítka *Obnovit* se aplikace vrátí do původní velikosti.



Obrázek 27 - Maximalizované okno Silverlight aplikace

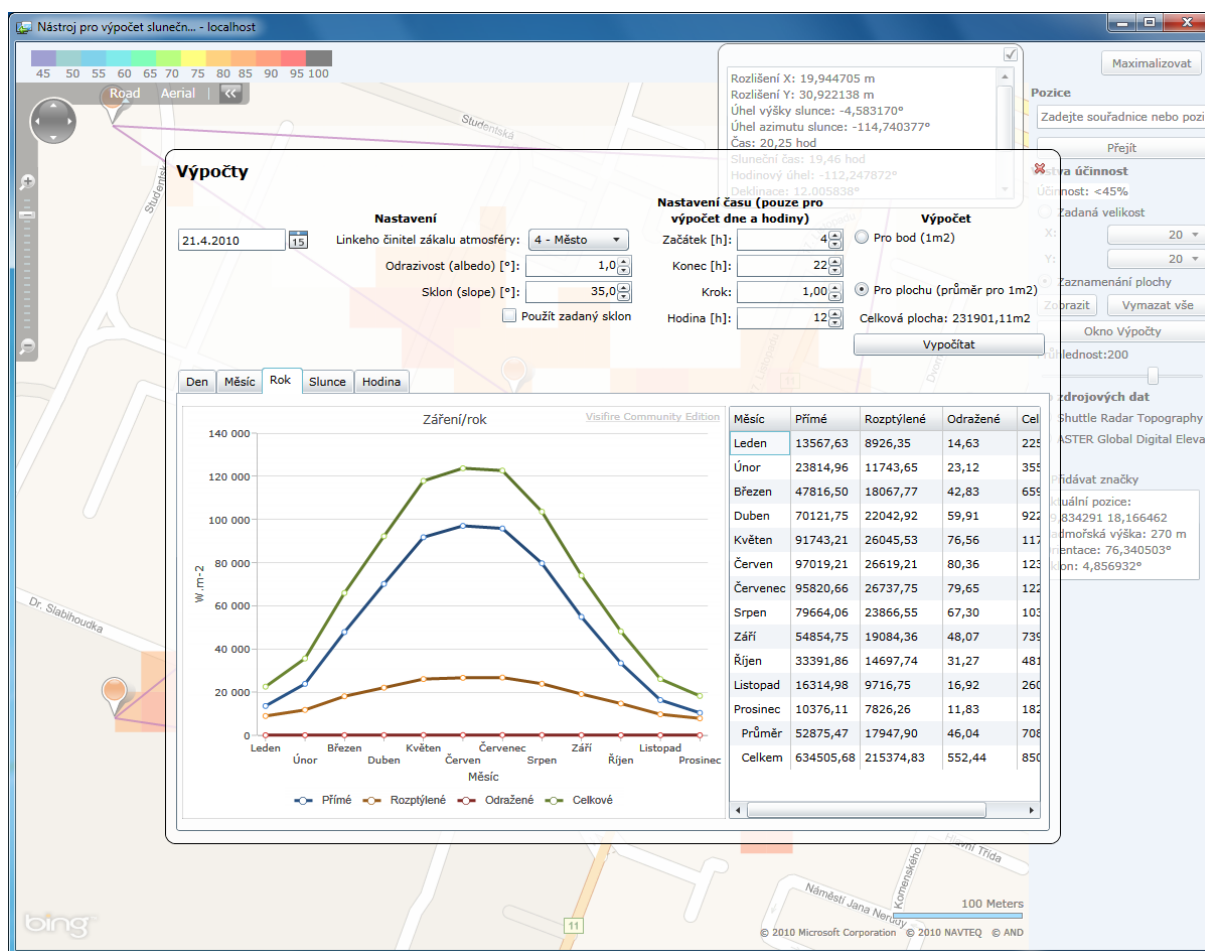
4.3.7. Nainstalování aplikace jako lokální

Aplikace se dá také nainstalovat na počítač, čímž je umožněno její používání jako běžné aplikace. Instalace aplikace se provede po kliknutí pravým tlačítkem myši do libovolné části aplikace a zvolením příkazu *Install Sluneční záření on this computer*. Při instalaci je uživatel dotázán, do kterých umístění se mají přidat zástupci pro spuštění (*Nabídka Start, Plocha*).



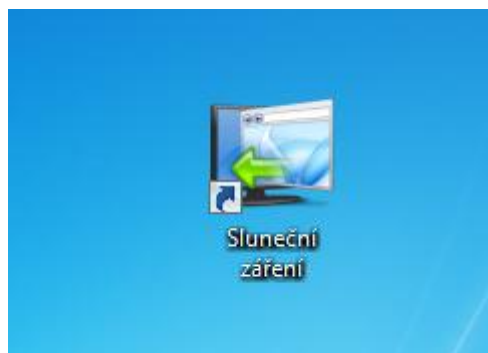
Obrázek 28 - Dotaz na umístění zástupců při instalaci Silverlight aplikace

Po krátké instalaci se zobrazí okno aplikace spuštěné již jako proces na místním počítači.



Obrázek 29 - Silverlight aplikace spuštěná jako proces na místním počítači

Takto nainstalovanou aplikaci je možné spouštět pomocí zástupců v umístěních vybraných při instalaci. Se spuštěnou aplikací lze jednoduše pracovat jako se standardní aplikací.



Obrázek 30 - Zástupce na ploše pro spuštění Silverlight aplikace

Odeinstalace aplikace se provede rovněž pomocí pravého tlačítka myši a zvolením příkazu *Remove this application*. Tuto akci lze provést buď ze spuštěné aplikace v internetovém prohlížeči, nebo ze spuštěné aplikace pomocí vytvořeného zástupce. Následně je nutné potvrdit odebrání.

5. Porovnání možností map

Ve vlastních aplikacích jsou používány následující tři technologie pro zobrazování map:

- 1) mapa pro desktopové aplikace, která využívá technologii zobrazování map z projektu GMaps.NET,
- 2) JavaScriptová mapa aplikace Mapy Google, která je dostupná přes Internet a zobrazována pomocí internetového prohlížeče,
- 3) Silverlight mapa aplikace Mapy Bing, taktéž dostupnou přes Internet a zobrazovanou pomocí internetového prohlížeče.

Všechny tři technologie mají podobné možnosti. Všechny dokážou vykreslovat na mapu libovolné tvary objektů, již zobrazené objekty mazat a podporují práci s vrstvami. Největší rozdíl spočívá v použité technologii a v mapových podkladech. Nejpodrobnější mapové podklady mají ze tří technologií použitých v této bakalářské práci, Mapy Google.

Všechny tři technologie mají své výhody a nevýhody. V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé aplikace a jejich technologie, výhody a nevýhody

5.1.Desktopová aplikace

Pro zobrazování map v desktopové verzi aplikace se používá Open Source ovládací prvek z projektu GMaps.NET, který umožňuje vykreslování podkladů map stažených z Internetu.

Mezi největší výhody desktopové verze patří určitě rychlost zpracování a zobrazování výsledků výpočtů. Není totiž nutné čekat na to, až vzdálený server provede výpočet a vrátí požadovaný výstup. Vykreslování objektů do mapy se taktéž řadí mezi nejrychlejší. Mezi výhody patří i možnost pracovat offline a nestahovat tak podklady z Internetu. Za výhodu lze považovat i možnost uložení pohledu na mapu do souboru jako obrázek.

Mezi nevýhody patří nutnost mít s aplikací uložené vstupní data, které jsou používány při výpočtech, a které zabírají nemalou kapacitu pevného disku. Tyto data se používají pro zjišťování nadmořských výšek, kde jedna dlaždice dat (1 x 1 úhlový stupeň) AGDEM má velikost 24,7 MB a u SRTM dat má velikost 2,75 MB. Pro pokrytí celé České republiky je potřeba 21 těchto dlaždic. Celková možná velikost je tedy pro AGDEM data 519 MB a pro SRTM data 57,7 MB. Pokud nejsou data pro danou pozici k dispozici, jsou automaticky stažena z Internetu. Není tedy nutné mít na disku uloženy všechny data, ale třeba jen ty, které jsou aktuálně používány.

5.2.JavaScriptová aplikace

V JavaScriptové verzi aplikace se používá pro zobrazování map technologie map Google, které používají JavaScript.

Za výhody JavaScriptové verze aplikace lze pokládat nezávislost na platformě a používaném operačním systému. Mapy se zobrazují ve většině dnes používaných internetových prohlížečů. Mezi výhody lze zařadit i přenesení výpočtů na stranu serveru a nezatěžování tak lokální stanice složitými výpočty.

Mezi největší nevýhody patří rychlost vykreslování. Rychlost vykreslování je totiž ovlivněna rychlostí samotného internetového prohlížeče, který má v této verzi aplikace na vykreslování největší vliv.

5.3.Silverlight aplikace

Zobrazování map v Silverlight verzi aplikace umožňují mapy Bing společnosti Microsoft. Doplněk prohlížeče je dostupný pro většinu dnes používaných internetových prohlížečů, jak na platformě Windows, tak i Mac OS X. Pro Linux je dostupný doplněk vyvíjený společností Novell v rámci projektu Moonlight.

Výhodou Silverlight verze aplikace je rychlost vykreslování, která byla srovnatelná s desktopovou verzí aplikace. Mezi výhody lze stejně jako v JavaScriptové verzi aplikace zařadit také přenesení výpočtu na stranu serveru a nezatěžování tak lokální stanice složitými výpočty. Mezi kladné vlastnosti lze zařadit i možnost maximalizace okna, kdy se využije celá plocha obrazovky, a také možnost „nainstalování“ aplikace.

Za nevýhodu lze považovat horší mapové podklady a nutnost instalace doplňku do internetového prohlížeče.

6. Testování vlastních aplikací

Všechny tři výsledné aplikace používají podobné uživatelské rozhraní, které je přizpůsobeno vždy pro konkrétní použití. Jednotné uživatelské prostředí umožňuje uživateli snadné používání kterékoliv verze aplikace a rychlé zorientování se v prostředí aplikace při přechodu z aplikace, která používá jinou technologii.

Výsledné aplikace dále rozšiřují a přidávají nové možnosti již existujících Interaktivních map EU pro výpočet slunečního záření, jedná se zejména o:

- vizualizaci sklonu krajiny,
- několik možností zadávání plochy pro výpočet a zahrnutí větší plochy do výpočtu,
- podrobné možnosti nastavení výpočtů,
- jednoduchý export grafů a tabulek výstupu.

Funkčnost všech vlastních aplikací byla řádně otestována a shledána zcela funkční na následujících dvou osobních počítačích:

- AMD Athlon™ 64X2 5000+ 2,6 GHz, 4GB RAM, Windows 7 x64,
- Intel Atom 1.6 GHz, 1GB RAM, Windows XP.

Při testování aplikací na druhém počítači byl znát jeho slabší výkon, který se projevoval především pomalejším průběhem výpočtu v desktopové verzi aplikace a vykreslováním objektů do map.

Webové aplikace byly dále testovány v následujících verzích internetových prohlížečů:

- Internet Explorer 8.0
- Mozilla Firefox 3.6
- Opera 10.5
- Google Chrome 4.1

Ve všech prohlížečích byly obě webové aplikace zcela funkční, kromě problému v prohlížeči Opera, který je popsán dále v textu.

Subjektivně nejrychlejší vykreslování Google Map bylo v prohlížeči Opera, ale při přibližování a oddalování mapy docházelo ke špatnému překreslování mapy (vykreslené objekty, které měly být odstraněny, zůstávaly zobrazeny), a tím docházelo po krátkém čase k nepoužitelnosti. Tento problém s vykreslováním je znám a byl již nahlášen jako chyba v Google mapách. V ostatních prohlížečích k tomuto problému nedocházelo.

V porovnání rychlosti Interaktivních map EU a webové aplikace využívající Google mapy, byly rychlejší Interaktivní mapy EU, protože neprovádí žádné vykreslování do mapy.

Výpočty vlastních aplikací byly srovnávány s výsledky výpočtů Interaktivních map EU. Příklad srovnání výsledků byl proveden pro následující zeměpisné souřadnice: „49.830S 18.164V“.

Následující tabulka zobrazuje vypočtené hodnoty slunečního záření pro jednotlivé měsíce v roce, z tabulky jsou patrné menší rozdíly. Pro výpočet skutečného záření má velký vliv nastavení koeficientů pro přímé a odražené záření. V mých vyvíjených aplikacích jsou tyto koeficienty nastaveny pro roční průměry, proto se výsledky v určitých měsících více či méně liší. (Výsledky vlastních aplikací bylo nutné vydělit počtem dní v měsíci případně počtem dní v roce.)

	<i>Interaktivní mapy EU [Wm⁻²]</i>		<i>Vlastní aplikace [Wm⁻²]</i>	
Měsíc	<i>Sklon 0°</i>	<i>Sklon 35°</i>	<i>Sklon 0°</i>	<i>Sklon 35°</i>
Leden	791	1280	845	1206
Únor	1440	2100	1529	1949
Březen	2390	2970	2630	2982
Duben	3560	3940	3865	4010
Květen	4710	4780	4821	4694
Červen	4810	4670	5243	4959
Červenec	5050	5020	5023	4816
Srpen	4220	4530	4219	4260
Září	2800	3350	3073	3350
Říjen	1940	2790	1891	2296
Listopad	889	1340	1022	1406
Prosinec	592	942	672	1007
Roční průměr	2780	3150	2903	3078

Tabulka 10 - Srovnání výpočtů Interaktivních map EU a výpočtů vlastních aplikací

7. Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo seznámení se s problematikou vizualizace map, problematikou fotovoltaických systémů a na několika vhodně zvolených příkladech demonstrovat použité technologie.

Nastudované informace a získané zkušenosti naznačují, že problematika vizualizací map a fotovoltaických systémů mají velký potenciál do budoucnosti. Zároveň je u Interaktivních map EU pro výpočet slunečního záření patrné nerozvíjení možností aplikace.

Výsledné aplikace sice nepokrývají všechny eventuální možnosti, které mohly být realizovány, a které by ještě více usnadňovaly práci při návrzích fotovoltaických systémů. Vytvořené aplikace lze považovat za demonstraci základních možností, které byly realizovány v rámci času, jenž byl učen pro bakalářskou práci.

Výsledné aplikace mohou být rozšířeny například o zohlednění oblačnosti podle průměrné oblačnosti, což by zpřesnilo výpočty, návrh pro umístění fotovoltaických panelů v rámci zadané plochy, zohlednění zastínění plochy způsobené budovami, lesy, převýšením. Dále by mohla být vyvíjena aplikace pomocí technologie WPF, která umožňuje vytváření uživatelsky bohatého rozhraní a podporuje hardwarovou akceleraci grafiky pomocí grafické karty, což by vykreslování objektů do map u desktopové verze ještě více zrychlilo. Toto rozšiřování aplikací však překračuje rozsah bakalářské práce.

Seznam použité literatury

- [1] *Fotovoltaický geografický informační systém – Interaktivní mapy* [online]. Dostupné z: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>> [cit. 2010-04-20].
- [2] *Solar radiation and GIS* [online]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solmod3.htm> [cit. 2010-04-20].
- [3] BĚHÁLEK, Marek. *Programovací jazyk C#*. VŠB – TU Ostrava.
- [4] *.NET Framework – Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework> [cit. 2010-04-20].
- [5] *ASP.NET – Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/ASP.NET>> [cit. 2010-04-20].
- [6] *GMap.NET - Great Maps for Windows Forms & Presentation* [online]. Dostupné z: <<http://greatmaps.codeplex.com/>> [cit. 2010-04-20].
- [7] *Google Maps API – Google Code* [online]. Dostupné z: <<http://greatmaps.codeplex.com/>> [cit. 2010-04-20].
- [8] *BING MAPS PLATFORM - Integrated Mapping, Imaging, Search and Location Web Service* [online]. Dostupné z: <<http://www.microsoft.com/maps/>> [cit. 2010-04-20].
- [9] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects, and engineers*. Earthscan, 2005. ISBN 1-84407-131-6
- [10] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika: Elektřina ze slunce*. ERA, 2008. ISBN: 978-80-7366-133-5
- [11] *Shuttle Radar Topography Mission* [online]. Dostupné z: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>> [cit. 2010-04-20].
- [12] *ASTER Global Digital Elevation Map* [online]. Dostupné z: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>> [cit. 2010-04-20].
- [13] *jQuery: The Write Less, Do More, JavaScript Library* [online]. Dostupné z: <<http://jquery.com/>> [cit. 2010-04-20].

Obsah přiloženého CD

\aplikace	adresář obsahující desktopovou aplikaci
\zdroj	adresář obsahující kompletní zdrojové kódy všech aplikací
\abstrakt	adresář obsahující abstrakt v češtině a angličtině
\text	adresář s textem bakalářské práce